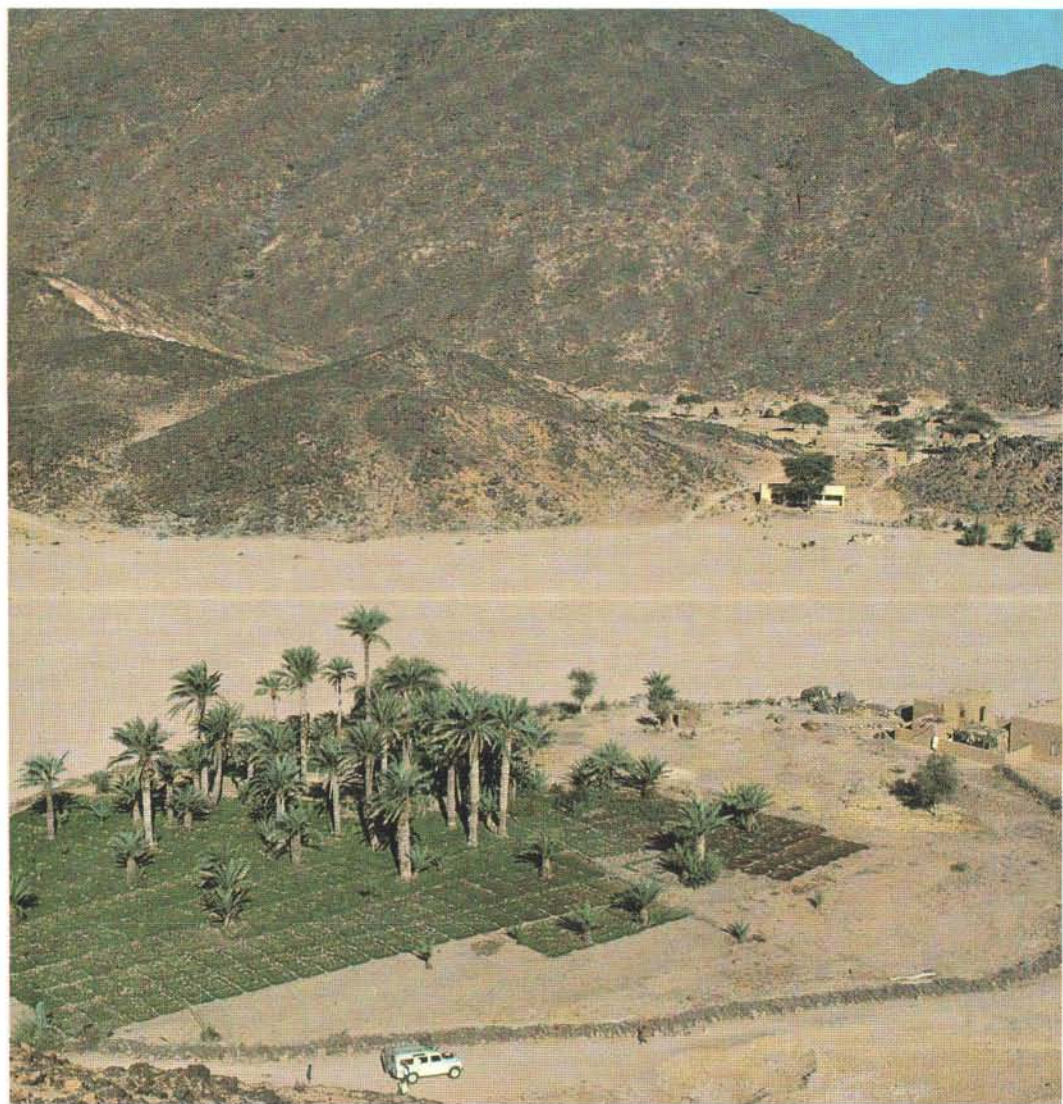


5 | 53^e jaargang

NATUUR '85 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



VISSEN IN DE GREVELINGEN/SUPERCOMPUTERS/BAKSELS EN
MISBAKSELS/ATOOMSPECTROMETRIE/VOEDSEL

Actuele informatie over

**Biotechnologie, DNA-recombinatie
Maatschappelijke gevolgen van
micro-elektronika**

Bij de Dienst
Wetenschapsvoorlichting
N.Z. Voorburgwal 120
1012 SH Amsterdam
tel. (020) 23 23 04 (vragen naar Marten Knip)

Vermeldt bij uw vraag s.v.p. deze advertentie.

Dienst Wetenschapsvoorlichting

NATUUR '85 & TECHNIEK

Losse nummers:
f 8,45 of 160 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



Bij de omslag

Het hongerprobleem is misschien wel het meest ingrijpende probleem waar de wereld vandaag de dag mee geconfronteerd wordt. Honderden miljoenen mensen, met name in de Derde Wereld worden in hun bestaan bedreigd door voedselgebrek, dat zich o.a. uit in een groot aantal gebreksziekten. Groot opgezette hulpprogramma's kunnen vaak niet meer doen dan de ergste nood lenigen. Meer structurele oplossingen moeten o.a. gezocht worden in het in cultuur brengen van dorre woestijngrond, zoals hier in Niger. Zie ook pag. 394 e.v.

(Foto: S. Reinaudeau, Agence Hoa-qui, Parijs).

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Redactie: Drs. H.E.A. Dassen, Drs. T.J. Kortbeek, J.A.B. Verduijn.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Redactiemedewerkers: Drs. J.H. Frijlink, A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Dr. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P. Israel, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Ir. G.J. Schiereck, Dr. M. Sluysen, Prof. dr. J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr. J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.

Druk: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-54044*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-31435044

EURO
ARTIKEL



Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), DIE UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI) en PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR), met de steun van het Directoraat-generaal Informatiemarkt en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publicaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



Centrale uitgeverij en adviesbureau bv.

INHOUD

ACTUEEL	IV
Dutch at Daresbury / Bruine roest / Het einde van de zakagenda / Biotechnologische champagne / Pil tegen blindheid / Bezienswaardig.	
AUTEURS	VII
COLUMN	VII
Rederederegulatie	
HOOFDARTIKEL	329
De waarde van misbaksels	

VISSEN IN DE GREVELINGEN

330-345

G. Doornbos

De afsluiting van de Grevelingen bracht voor de vissen grote veranderingen met zich mee. De ingesloten tongen en harders stierven in de eerste winter.

Platvissen als schol, bot, griet en tarbot groeiden uitstekend in het zoutwatermeer, maar bleken echter niet in staat zich er voort te planten.

Een aantal kleine vissoorten breidde zich daarentegen (tijdelijk) explosief uit. Naast de vissoorten die verdwenen, wist zich ook een nieuwe soort te vestigen: de zwarte grondel.



SUPERCOMPUTERS

346-361

Jaap Hollenberg

Computers hebben zich de laatste twintig jaar een plaats veroverd als volwaardig onderzoeksinstrument.

We kunnen nu 'in' de rekenapparatuur experimenten doen die anders, in de werkelijkheid, te gevaarlijk zouden zijn, te duur of domweg onmogelijk.

Dit brengt wel een enorme vraag naar rekencapaciteit en geheugenruimte met zich mee. Om hieraan te voldoen worden er, hoofdzakelijk in Amerika en Japan, steeds krachtiger systemen ontwikkeld: supercomputers.



BAKSELS EN MISBAKSELS

362-377

Resten van een middeleeuws industriegebied

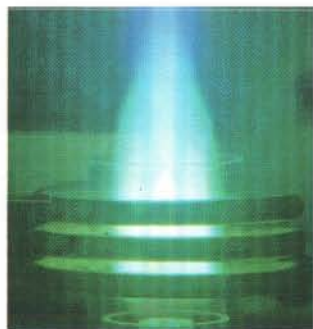
H.L. de Groot en T.J. Hoekstra

In 1984 zijn bij opgravingen in de Bemuurde Weerd te Utrecht de resten van vijf ovens gevonden: drie voor de vervaardiging van vloertegels en daktegels en twee pottenbakkersovens. Te zamen met andere vondsten, die daar gedaan zijn, vormen zij de overblijfselen van een industriegebied uit de 14e eeuw. Opvallend zijn daarbij de vele misbaksels. In de 13e eeuw en eerder lijkt de aardewerkproductie in de Noordelijke Nederlanden nog kleinschalig van opzet te zijn. Vanaf de 14e eeuw komt een meer industriële aanpak voor.



NATUUR '85 & TECHNIEK

mei/53^e jaargang/1985



ATOOMSPECTROMETRIE

378-393

Het vinden van de speld in de hooiberg

L. de Galan en J.P.J. van Dalen

Zware metalen zijn in het nieuws. Cadmium en kwik verontreinigen onze rivieren en bodem. Bloed en urine worden onderzocht op de aanwezigheid van lood en arseen. Daarbij gaat het, gelukkig, om zulke kleine hoeveelheden, dat hoge eisen worden gesteld aan de bepalingswijze. Een uitstekend hulpmiddel is de atoomspectrometrie, die berust op het vermogen van atomen om licht te absorberen of uit te zenden. Er zijn verschillende bepalingsmethoden. Het werkteurien van de atoomspectrometrie is veel ruimer dan het opsporen van giftige metalen in het milieu.



VOEDSEL

394-403

Gebrek in overvloed

E. DeMaeyer

De tegenstelling tussen arme en rijke landen in de wereld komt zeer scherp tot uiting in de wereldvoedsel-situatie. Aan het ene uiterste zien we de weldoorvoede westerling; aan het andere tot op het bot vermagerde mensen. Te veel of te weinig voeding is ongezond. Maar ook de kwaliteit van het voedsel is van belang. In veel ontwikkelingslanden zijn de mensen op het oog goed gevoed, maar tegelijk zo eenzijdig dat zij aan ernstige gebreksziekten kunnen lijden. Alleen een vergaande verbetering van de sociaal-economische positie van die landen biedt op langere termijn soelaas.

ACTUEEL

404-407

Zonne-auto / Niet-kristallijn kristal / Chemische archeologie / Koel oog ziet ijsberg als warmtebron / Tellen op zijn chinees.

TEKST VAN TOEN

408

Zandstormen in Amerika / Groen schijnsel II / Bloed, dat niet vergeefs gestort wordt.

ACTUEEL

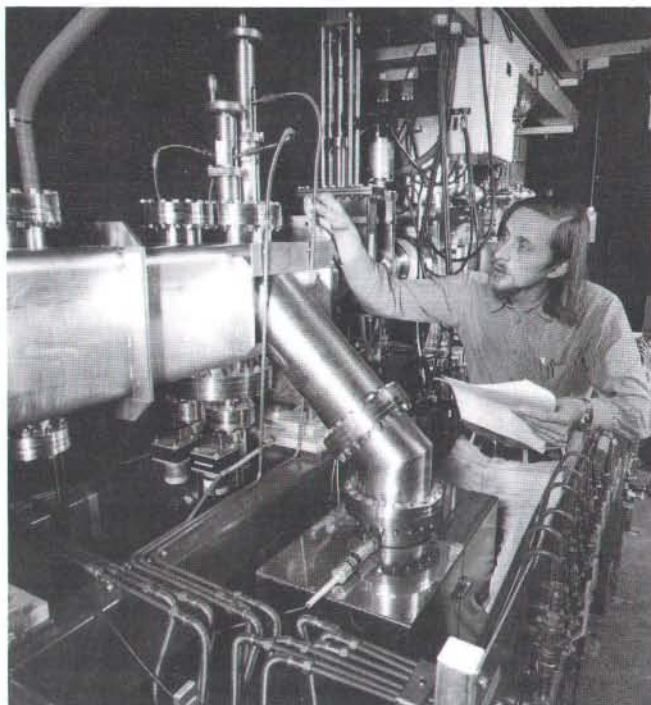
Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Dutch at Daresbury

Begin november zijn Britse onderzoekers met een nieuwe serie experimenten begonnen op het gebied van de röntgenfysica in de Synchrotron Radiation Source (SRS) in Daresbury, Cheshire. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een röntgenstralenbundel waarvoor de apparatuur door Nederlanders gebouwd is. Het belangrijkste deel van de installatie produceert een elektronenstraal met een snelheid die de lichtsnelheid benadert en binnen een ronde buis gebogen wordt. Waar de bundel door magneten afgebogen wordt, ontstaat de synchrotronstraling die wordt uitgezonden in het raakvlak van de elektronenbundel. Het spectrum van de straling is breed, maar de röntgenstraling is ongeveer duizend keer sterker dan enige andere bron momenteel produceren kan.

Fysici, chemici en biologen willen dan ook maar wat graag hun instrumenten opstellen bij zo'n sterke stralingsbron.

Op het moment lopen er twee nieuwe Nederlandse experimenten. Een maakt gebruik van het EXAFS-principe (Extended X-ray Absorption Fine Structure). Professor Prins, lid van het team van ontwerpers, beschrijft het principe als het gooien van een steentje in het water, in dit geval het stralen van röntgengolven in een atoom. Golven verspreiden zich en slaan naburige atomen aan. Analyse van de interferentiepatronen levert gegevens op over de soort en het aantal naburige atomen en de afstand daartussen.



Een van de Nederlandse onderzoekers in Daresbury, dr. J. Steijger, controleert de apparatuur voor een experiment met het synchrotron. (Foto: London Picture Service).

Het is alsof je een met zaklamp een blik in een molecuul kunt werpen, aldus Prins.

Zo kan EXAFS bijvoorbeeld informatie geven over actieve groepen aan katalysatoren en enzymen, de botstructuur of de manier waarop hemoglobine zuurstof bindt.

Een ander experiment is opgezet om grote molekulen te onderzoeken met behulp van een soort röntgenmicroscopie waarbij gebruik gemaakt wordt van een

techniek die 'kleine hoek verstrooiing' heet. Daarmee kun je bijvoorbeeld een inkijk krijgen in de structuur van virussen, spierbundels of de manier waarop DNA in chromosomen zit opgevouwen.

Overigens wordt door Franse en Duitse onderzoekers gebouwd aan een soortgelijke, nog sterkere röntgenbron. Deze komt in Grenoble te staan.

Lex Linssen

Plantenveredeling tegen bruine roest

Bruine roest is een schimmelaantasting waarvan de sporenhoopjes als bruine puistjes op de bladeren zichtbaar worden. Behalve op tarwe kan de ziekte ook op rogge en grassen voorkomen. De ziekte is soms moeilijk van gele roest of zwarte roest te onderscheiden. De aantasting van het tarwegewas is meestal over het hele perceel verspreid. Haarden komen voor, maar zijn niet opvallend. Meestal wordt de aantasting onder invloed van hogere temperaturen pas na de bloei van betekenis. Voor de overwintering is de schimmel aangewezen op wintertarwe en opslagplanten. De verspreiding vindt plaats via de wind door middel van sporen die over grote afstanden verspreid kunnen worden. Maar bruine roest gaat niet over van tarwe op rogge of omgekeerd.

Er zijn al verschillende tarwerassen met resistentie tegen bruine roest ontwikkeld. Maar de ziekte past zich steeds snel aan. Een voorbeeld is het tarweras 'Clement' dat in 1974 op de rassenlijst verscheen en dat een zeer hoge resistentie tegen bruine roest had. In 1979 was die weerstand al naar een volkomen onvoldoende niveau gezakt. Door steeds nieuwe rassen te ontwikkelen kunnen de landen in het westen de zaak wel bijbenen, maar voor ontwikkelingslanden is het een enorm probleem. Daarom is nu de speurtocht ingezet naar die vormen van resistentie in tarwe die permanent zijn. De Landbouwhogeschool zal daartoe samenwerken met het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek en de Stichting voor Plantenveredeling in Wageningen. Voorlopig worden er bij de vakgroep Plantenveredeling van de LH twee mensen aangesteld. De

eerste vraag waar zij zich op zullen richten is: hoe kun je de duurzame vorm van resistentie herkennen. Daarna zal nagegaan worden welke rassen deze resistentie bezitten.

Dat verbetering van tarwerassen (samen met teeltmaatregelen) tot grotere opbrengsten leidt is in het verleden wel bewezen.

Nog niet lang geleden voorspelde Wageningse onderzoekers dat in Nederland een opbrengst van 11,5 ton tarwe per hectare het uiterste maximum zou zijn dat ooit gehaald kon worden. In 1984 waren er al Nederlandse boeren

die dergelijke opbrengsten wisten te oogsten en het plafond is zeker niet bereikt. Hieruit blijkt wel dat het in toom houden of uitbannen van ziekten tot ongedachte opbrengstverbetering kan leiden. Brussel ziet er ook wat in, vandaar de royale subsidie. Het project kan eventueel met een paar jaar verlengd worden. In dat geval zal er samengewerkt worden met een ontwikkelingsland, bijvoorbeeld Pakistan, India of Brazilië, waar al onderzoek in tarwe wordt gedaan.

(Nieuws uit Wageningen)

Het einde van de zakagenda

De toenemende automatiseringsgolf heeft opnieuw een nuttig gebruiksvoorwerp overbodig gemaakt. De goede oude vertrouwde zakagenda, steun en toeverlaat voor degenen wiens geheugen te kort schiet om alle afspraken van de dag te onthouden, kan nu vervangen worden door een onlangs op de markt gekomen polscomputer, waarop alle afspraken vastgelegd kunnen worden. Althans voor de bezitters van een microcomputer, want dat is de manier waarop informatie in dit kleinood ingebracht kan worden. In het geheugen ervan kunnen 80 afspraken en andere notities worden vastgelegd, die op ieder gewenst moment kunnen worden opgeroepen. Iedere notitie kan bestaan uit 2 regels met 12 tekens. Men kan er ook naar behoefte de vertrektijden van de treinen tussen Brussel en Amsterdam in opslaan.

Het apparaatje kan ook bij vaste, iedere week terugkerende afspraken, op het bijbehorende tijdstip een alarmsignaal geven, zodat u weet dat u te laat bent als u te laat bent.

De fabrikant rekent vooral op mannen als gebruikers, want het apparaat heeft het formaat van een herenhorloge en alle daarbij behorende functies, zoals tijd, datum, etc.

(Persbericht Seiko)



Links in de polscomputer is het stekertje gestoken dat hem met een personal computer verbindt. (Foto: Seiko).

Biotechnologische champagne

Champagne is een van die edele vochten, die met uiterste zorg volgens een al lang vastliggende traditie vervaardigd wordt. Eigenlijk is de parelende feestdrank altijd een biotechnologisch produkt geweest, want hij wordt vervaardigd met behulp van micro-organismen. Maar het woord biotechnologie is zich aan het verenigen tot genetische manipulatie en aanverwanten. Nu zijn er voorstellen om deze burcht van traditie te bestormen met de modernistische biotechnologie.

Champagne maken is geen werk, het is een ceremonie. Elke pers wordt gevuld met precies 4000 kg druiven, waaruit ze 22,6 hl sap mag persen in drie fracties: cu-vée, première taille en deuxième taille. De eerste gisting van dat sap verloopt op de klassieke manier. Het geheim van champagne schuilt echter in de tweede gisting. Die gebeurt in de fles, onder toevoeging van een mengsel van gisten en suikers. Die gist moet naderhand weer verwijderd worden. Daar zit de kunst van het champagnevak.

Die kunst heet *remuage*. Elke dag moet de fles op een speciale stel-lage een kwartslag gedraaid worden en geleidelijk steeds meer met de punt naar beneden gebracht worden, zonder dat het neerslag opwolkt. Uiteindelijk komt alles in de nek terecht, tegen de kurk aan. De hele bewerking duurt twee weken tot twee maanden en moet door gespecialiseerde mensen gedaan worden. Robots lukt het niet. Dat betekent dat elke fles voor mensenhand bereikbaar moet zijn, wat een gigantisch ruimtebeslag met zich mee brengt.

Een laboratorium, gesteund door het ministerie van Landbouw en door Moët et Chandon, ontwikkelde een nieuwe technologie,

waarbij de gist ingesloten wordt in een alginaatgel, zodat hij niet meer kan opwolken. Druppelen van de gel in een CaCl_2 -oplossing zorgt voor een polymerisatie tot bolletjes van 1 tot 2 mm. Alginaat is een veel gebruikt geleermiddel in de voedingsindustrie en wordt door mindere bierbrouwers gebruikt als schuimstabilisator.

De gist is geïmmobiliseerd, maar kan produkten uitwisselen met zijn milieu, zodat de tweede gisting normaal doorgaat. De hele remuage vervalt, want de bolletjes rollen gewoon naar onder als de fles op haar kop gezet wordt. Verwijdering gebeurt dan op dezelfde manier als voorheen: de hals van de fles wordt bevroren door onderdompeling in een ijs-zoutmengsel waarbij het ijsklompje verwijderd wordt en een nieuwe kurk aangebracht.

(Sciences et Avenir)

Bezienswaardig

Normaal gesproken bevat dit blad een rubriek 'Bezienswaardig', waarin de aandacht wordt gevestigd op tentoonstellingen en andere breed toegankelijke evenementen, die voor de lezers van dit blad interessant zijn.

Voor het invullen daarvan zijn wij geheel afhankelijk van persberichten van de organisatoren. Deze zijn bij de redactie zeer welkom.

Vandaar hierbij een oproep om ons op de hoogte te houden als u wat organiseert. Een bericht dat op de 15e van een maand bij ons binnen is kan in het nummer van de volgende maand worden meegenomen.

Pil tegen blindheid

Het nieuwe medicijn Sorbinil kan in de toekomst wellicht de blindheid en beschadigingen van het zenuwstelsel, waar veel diabetici van te lijden hebben, voorkomen. Professor Włodzimierz Kozak, een fysioloog verbonden aan de Carnegie-Mellon University alhier, is in het tweede jaar van het testen van Sorbinil op suikerzieke ratten. De dieren schijnen dankzij Sorbinil beter in staat te zijn om het gezichtsvermogen te behouden en normaal op te groeien, dan het geval geweest zou zijn zonder dit middel. De laboratoriumratten werden diabetisch gemaakt door het injecteren van een chemische verbinding die de insuline producerende cellen vernietigt. De diabetische ratten vertoonden de typische kenmerken van suikerziekte - afgeremde groei, het drinken van grote hoeveelheden water, veel eten zonder gewichtstoename en sterfte op jonge leeftijd. Als Sorbinil dagelijks werd toegediend ontwikkelden de dieren zich echter normaal. Sorbinil is ook een jaar lang aan menselijke vrijwilligers gegeven om de waarde van het middel tegen neuropathie, schade aan de perifere zenuwen, te testen. Neuropathie kan het bij sommige diabetici noodzakelijk maken om ledematen te amputeren.

De Food and Drug Administration, de Amerikaanse instantie die bepaalt welke medicijnen er op de markt worden toegelaten, is zeer gespitst op de resultaten van deze experimenten en heeft een versnelde goedkeuringsprocedure toegepast. Dit betekent dat Sorbinil 5 à 6 maanden nadat het onderzoek is voltooid op de markt kan komen.

Dr. J.F.M. Post
Pittsburgh, Penn. USA

DE AUTEURS

Drs. G. Doornbos ('Vissen in de Grevelingen') is op 22 oktober 1947 in Uithuizen geboren. Hij studeerde biologie aan de Rijksuniversiteit Groningen. Sinds 1979 is hij hoofd van de visafdeling van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek in Yerseke.

Drs. J.P. Hollenberg ('Supercomputers') is op 2 februari 1943 in Obdam geboren. Hij studeerde wiskunde aan de Universiteit van Amsterdam. Sinds 1976 is hij medewerker van het rekencentrum van de Rijksuniversiteit Groningen. Daarnaast is hij redacteur van het blad Supercomputer.

H.L. de Groot ('Baksels en misbaksels') is op 29 april 1946 te Nijmegen geboren. Sinds 1973 studeert hij middeleeuwse archeologie aan de Universiteit van Amsterdam. Sinds 1979 is hij assistent-stadsarcheoloog van de gemeente Utrecht.

Drs. T.J. Hoekstra ('Baksels en misbaksels') is in Eindhoven geboren op 6 april 1939. Van 1958 tot 1966 studeerde hij geschiedenis aan de Rijksuniversiteit Utrecht. Tot 1972 was hij leraar geschiedenis in Ede, sindsdien is hij gemeentelijk archeoloog in Utrecht.

Prof. dr. L. de Galan ('Atoomspectrometrie') is op 10 oktober 1937 in Koog aan de Zaan geboren. Van 1955 tot 1961 studeerde hij scheikunde in Amsterdam, waar hij in 1965 promoveerde. Sinds 1967 is hij verbonden aan de TH Delft, sinds 1972 als hoogleraar.

Ir. J.P.J. van Dalen ('Atoomspectrometrie') is op 29 september 1941 in Rotterdam geboren. Hij studeerde scheikunde aan de TH Delft, waar hij thans wetenschappelijk hoofdmedewerker is. Hij is voorzitter van de Normalisatiecommissie Staal- en IJzeranalyse en van de Landelijke Werkgroep Atoomspectrometrie.

Prof. dr. E. DeMaeyer ('Voedsel') is op 7 december 1921 te Brussel geboren. Hij studeerde geneeskunde in Leuven. Tussen 1951 en 1963 was hij werkzaam in Afrika, daarna bij de Verenigde Naties in New York en Genève. Sinds 1969 is hij hoogleraar in de voedingsleer.

COLUMN

Rederederegulatie

Oud-minister van onderwijs Van Kemenade, nu voorzitter van het College van Bestuur van de Universiteit van Amsterdam, zegt het nog vriendelijk: "De universiteit gaat steeds meer lijken op het balletje in de flipperkast. Nauwelijks is er een beweging in een bepaalde richting begonnen of er komt wel weer een nieuw idee uit Den Haag, verwoord in een of meer liefst dusdanig onduidelijke of onderling tegenstrijdige nota's, dat onvoorspelbaar is met welke snelheid en in welke richting de beweging nu weer zal gaan. Alleen het eindresultaat ligt vast: op een gegeven moment zal het balletje van het veld verdwijnen."

De heer Van Kemenade was toen hij dat zei alleen nog maar op de hoogte van bijv. het nog ontbreken van enige duidelijkheid over de tweede-fase die toch in de loop van het volgende jaar door een flink aantal studenten zal worden bereikt. Hij kon nog niet hebben gehoord over de nieuwste Haagse escapades in de vorm van – wat een verrassing! – nieuwe bezuinigingen, gekoppeld of niet gekoppeld aan voor de verandering maar weer eens een totaal nieuwe structuur voor het hele hoger onderwijs.

Niet dat de vorige structuur al duidelijk is, niet dat er op dit moment ook maar iemand weet in welke structuur we nu eigenlijk precies zitten, niet dat er met een van de structuren die de afgelopen jaren zijn voorgesteld en/of helemaal of voor een stukje of toch maar helemaal niet of net een beetje en toen niet meer of toen toch maar weer wel maar dan anders zijn ingevoerd, al voldoende ervaring zou zijn om zinnige veranderingen te kunnen voorstellen.

Wat de nieuwe voorstellen precies inhouden hoeven we dan ook eigenlijk niet te bespreken. We kunnen gevoeglijk aannemen dat ze nooit worden uitgevoerd zoals ze nu zijn voorgesteld. Globaal komt het erop neer dat de universiteiten niet meer voor van alles en nog wat toestemming hoeven te vragen aan de minister, maar alles mogen doen wat de minister goed vindt. Dat subtiele verschil betekent vooral dat alle bestaande controle-instellingen worden vervangen door andere, dat elke basis voor continuïteit ontbreekt en vermoedelijk

dat minder zichtbaar wordt dat er minder geld beschikbaar is. Het is net of verlies aan inkomen de eigen schuld is van de universiteiten.

Toch even een paar dingetjes op een rij, dan komen we misschien tot een consequente lijn.

Het tweede-fase onderwijs zal voor het overgrote deel moeten worden betaald door (de werkgevers van) de studenten zelf. Die werkgevers voelen daar niets voor, de studenten zouden het nooit kunnen betalen en de vorm van de regeling is nog volslagen duister, maar de argumenten zijn dat niet: het kost het Rijk minder en het dwingt de instellingen zich nauwkeuriger naar de wensen van het bedrijfsleven te richten.

Een vergelijkbare situatie wordt nu nagestreefd voor het hele hoger onderwijs, inclusief het HBO. Studenten kunnen hun eigen vakkenpakket samenstellen (voor zover de minister dat goed vindt) en gaan studeren aan de instelling die ze willen (voor zover de minister dat goed vindt) en die instelling krijgt dan betaald naar het aantal studenten. De instellingen zijn vrij het vakkenpakket zelf te bepalen (voor zover de minister dat goed vindt). Bij dit alles moet er volgend jaar 200 miljoen gulden bezuinigd en in de jaren daarop nog eens 621 miljoen. De heer Deetman zal wel weer zeggen dat hij opstapt als dat doorgaat.

Volgens mij blijft dit allemaal half werk en een hele dure manier om de wetenschap in Nederland om zeep te helpen. Het kan allemaal veel effectiever en met nog zeer veel grotere bezuinigingen. Het beste lijkt het het hele onderwijs met ingang van, zeg, 1 januari 1987, maar gewoon op te heffen. Misschien kan het nog nut hebben vier- en vijfjarigen een soort basisopleiding computerkunde te geven, omdat er natuurlijk behoefte is aan een soort standaardprocedure die het bedrijfsleven een behoorlijk inzicht kan geven in de mogelijkheden van de individuen. Daartoe dienen al te toevallige milieu-invloeden te worden uitgeschakeld, want dat vlugge meisje van zes kan later wel eens achterblijven wanneer die vlugheid enkel aan een stimulerende invloed thuis te danken was en die slome jongen komt misschien eerst tot zijn recht in een andere omgeving. Het beste lijkt dan ook vierjarige kinderen in een internaat op te nemen en na twee

jaar gestandaardiseerde behandeling een testuitdraai aan het bedrijfsleven voor te leggen, dat aan de hand hiervan de voor de toekomst nodige menskracht kan recruterend.

De opleiding kan dan het beste in handen van het bedrijf zelf worden gegeven, want op die manier wordt gegarandeerd dat de opleiding werkelijk is gericht op de eisen van 'de samenleving'. Wat er met degenen gebeurt die geen 'sponsor' vinden is gelukkig per definitie geen probleem meer van het departement van onderwijs: die drukken niet op de onderwijsbegroting. De anderen ook niet meer. Wat een besparing!

Voor zover er behoefte is aan opleidingen die buiten het bedrijf zelf moeten worden gegeven staan er verschillende mogelijkheden open. Voor zover de behoefte daaraan plaatselijk voldoende groot is, kunnen die worden gegeven in geprivatiseerde (commerciële) instellingen. Voor het overige is het vanzelfsprekend veel goedkoper mensen uit te zenden naar de Sorbonne, de London School of Economics of Princeton Institute of Advanced Studies dan hier zelf zulke instellingen te onderhouden.

Voor de overheid betekent dit alles een bezuiniging die het financieringstekort overtreft. Eindelijk kunnen we minder belasting gaan betalen. De lasten van het bedrijfsleven gaan wel wat omhoog, maar gezien het belang van iedereen bij continuïteit en het belang van goed opgeleide mensen voor die continuïteit zou je kunnen denken aan een inhouding op het loon: per slot van rekening betalen de mensen ook minder belasting.

Tot m'n schrik zie ik, dat dit alles niet eens als moedwillige onzin zal worden herkend. Zo was het wel bedoeld.

A. de Kool

De waarde van misbaksels

mei '85

Elke geregelde stadswandelaar ziet wel eens een plotselinge verandering in het vertrouwde beeld van straten, huizen en winkels. Wat een vorige keer nog een pand was, is nu een gat in de grond, waar bouwvakkers alweer aan een nieuw gebouw werken. Een natuurlijke zaak: een stad moet bij de tijd zijn en zich steeds weer aanpassen. Zo'n afgebroken huis, vaak al eeuwen oud, vertoont in zijn restauraties, verbouwingen en aanbouwsels een heel stuk bouwgeschiedenis. Met de afbraak ervan en het uitgraven van de bouwput verdwijnt een stuk van het 'bodemarchief': de in de bodem aanwezige resten van vroegere bewoning en andere menselijke activiteiten. De archeoloog is vaak in de bouwput werkzaam; om dat deel van het cultureel erfgoed dat gaat verdwijnen te onderzoeken en waar mogelijk te behouden. Het materiaal leert hem, en dus ook ons, hoe onze voorouders leefden, welke technische vaardigheden ze hadden en hoe ze problemen aanpakten. Niet alleen de archeoloog, maar ook de 'gemiddelde burger' wil er graag het nodige van weten. De betrokkenheid bij de eigen omgeving, speelt daarbij een grote rol.

Utrechtse stadsarcheologen groeven samen met amateur-archeologen in 1984 resten op van een ambachtelijk pottenbakkersbedrijf. Hier werden geen kunstwerken gemaakt, maar letterlijk huis-, tuin- en keukengerei. De archeologen troffen een cruciaal punt in de ontwikkeling naar een meer industriële aanpak aan. Een boeiend beeld van wat ook nu nog actueel is: industriële innovatie en de maatschappelijke gevolgen hiervan. Dat is de waarde van misbaksels.

Veel mensen zien de archeoloog vooral als schatgraver; hij werkt weliswaar zorgvuldig en verantwoord maar toch, het gaat hem vooral om de mooie vondst, de schat. Dit is ook vaak het geval, maar het hoeft geen zilver of goud te zijn. Ook het alledaagse keukenzout is voor de archeoloog van grote waarde. Bodemvondsten wezen uit, dat onze voorouders in de Middeleeuwen de met zout water doordrenkte venen in het kustgebied afgroeven. De as van dit veen gaf uitstekend zout. Al lang vóór de Middeleeuwen waren uitgebreide handelsrelaties ontstaan, gebaseerd op zout. De prehistorische mens had diverse manieren ontwikkeld om zout te fabriceren. Het produkt is voor de archeoloog nu ongrijpbaar geworden, maar de 'sporen' weet hij te herkennen.

Leven zonder (goed) water is een onmogelijkheid, zo hebben de 10e eeuwse bewoners van het gebied, dat nu Kootwijkerzand heet, aan den lijve ondervonden. Archeologisch onderzoek kon de milieucatastrofe, waarbij een heel landschap onbewoonbaar werd door 'roofofbouw' op water, duidelijk maken.

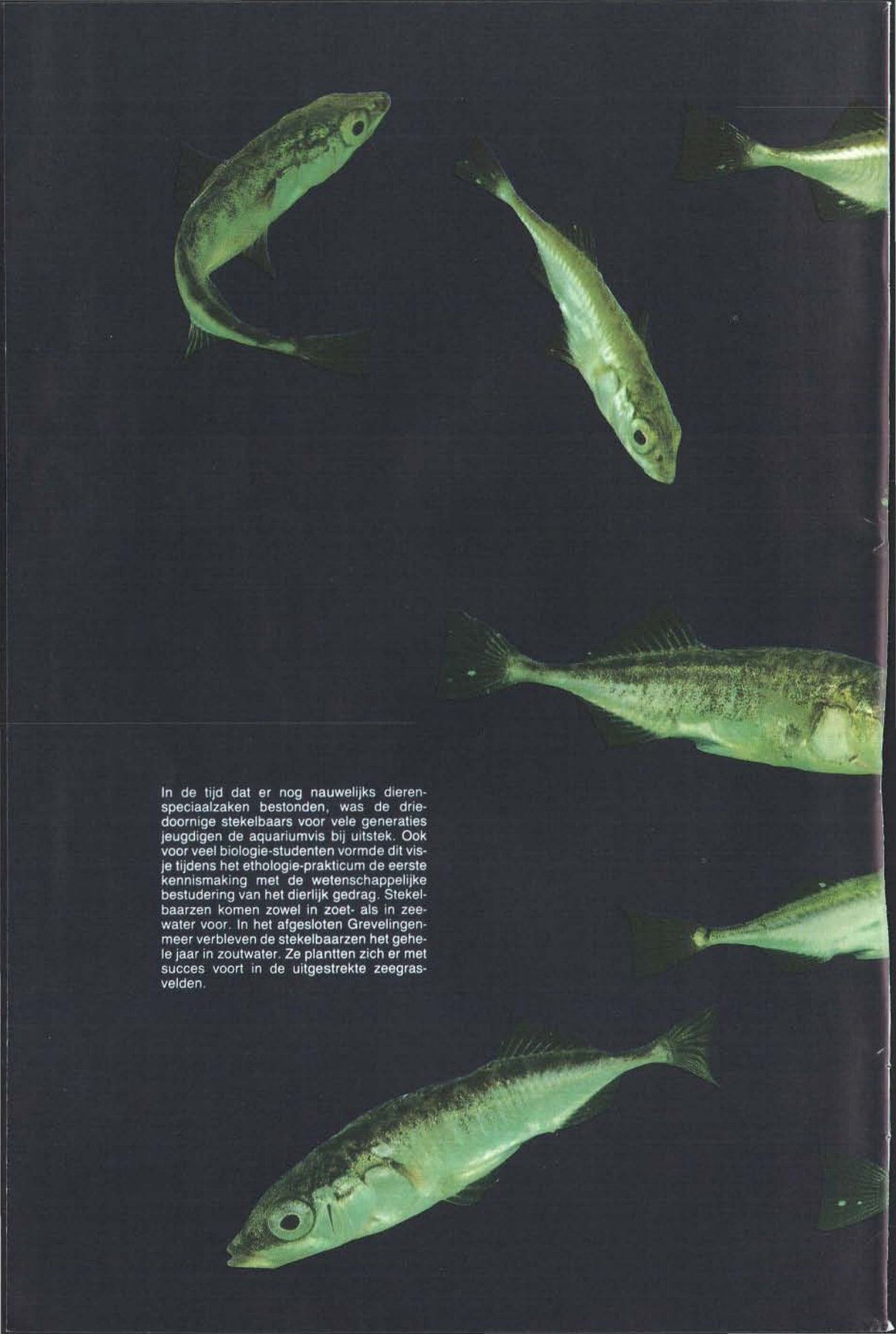
Hoe past de archeoloog de stukjes van zijn puzzle in elkaar en welk beeld ontstaat daaruit? In 1985 komen vier artikelen van Nederlandse archeologen; recent onderzoek en recente inzichten. Zij hebben hun werkterrein in vele landen, zo zal Natuur en Techniek in de komende jaren laten zien.

W.A. Casparie

Vice-voorzitter van de

Stichting voor de Nederlandse Archeologie

**NATUUR '85
& TECHNIEK**



In de tijd dat er nog nauwelijks dieren-
speciaalzaken bestonden, was de drie-
doornige stekelbaars voor vele generaties
jeugdigen de aquariumvis bij uitstek. Ook
voor veel biologie-studenten vormde dit vis-
je tijdens het ethologie-practicum de eerste
kennismaking met de wetenschappelijke
bestudering van het dierlijk gedrag. Stekel-
baarzen komen zowel in zoet- als in zee-
water voor. In het afgesloten Grevelingen-
meer verbleven de stekelbaarzen het gehe-
le jaar in zoutwater. Ze plantten zich er met
succes voort in de uitgestrekte zeegras-
velden.



VISSSEN IN DE GREVELINGEN

G. Doornbos

*Delta Instituut voor Hydrobiologisch
Onderzoek, Yerseke*

De afsluiting van de Grevelingen bracht voor de vissen grote veranderingen met zich mee. Voordien waren ze immers gewend het zeegat vrijelijk in en uit te kunnen zwemmen; nu zaten ze plotseling opgesloten. De ingesloten tongen en harders stierven vrijwel direct in de eerste winter als gevolg van de lage watertemperatuur. Platvissen als schol, bot, griet en tarbot groeiden uitstekend in het zoutwatermeer, maar bleken echter niet in staat zich er voort te planten. Door het falen van de voortplanting en door de vele sportvissers nam hun aantal binnen enkele jaren snel af. Een aantal kleine vissoorten breidde zich daarentegen (tijdelijk) explosief uit. Zij vormden het hoofdvoedsel voor de talrijke visetende vogels. Naast de vissoorten die verdwenen, wist zich ook een nieuwe soort te vestigen: de zwarte grondel, die voorheen vrijwel onbekend was in Nederland en België.

Het Grevelingenmeer

Een estuarium, zoals de vroegere Grevelingen, is het overgangsgebied tussen land en water, tussen zoet en zout. De grenzen zijn er niet scherp. Al naar gelang de windrichting, de windsterkte, het getij en de mate van rivierafvoer verschuift het brakke overgangsgebied richting zee of juist meer stroomopwaarts. Deze sterke schommelingen, zowel in tijd als plaats, stellen hoge eisen aan de dieren.

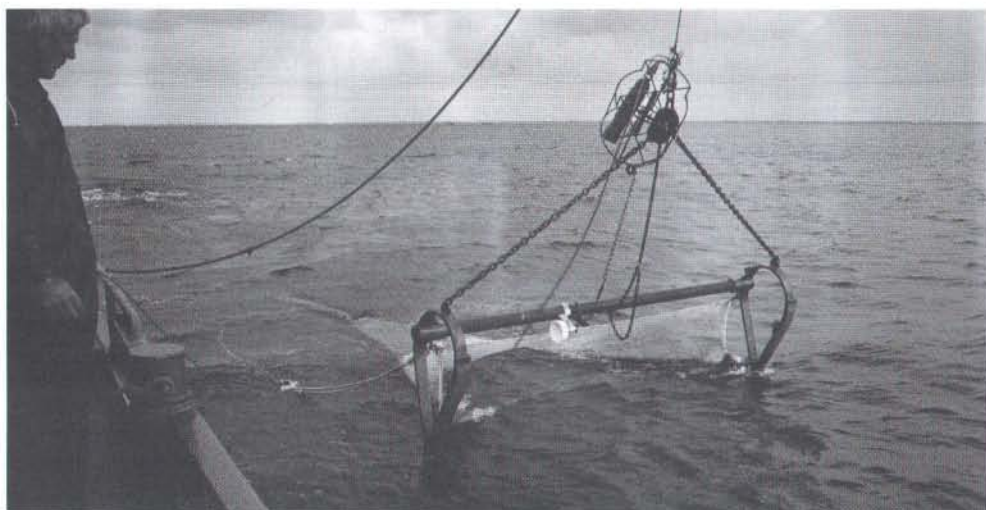
Het verhaal van het Grevelingenmeer begint in 1964 toen door de aanleg van een dam aan de oostzijde van het estuarium het eigenlijke karakter van de Grevelingen verloren is gegaan. Met het afsluiten van het Brouwershavensche Gat aan de zeezijde in 1971, ontstond een 108 km² groot zoutwatermeer (zie fig. 3). Eind 1978 werd de verbinding met de Noordzee weer hersteld door het openen van een sluis in de Brouwersdam (capaciteit

120-140 m³ per seconde) en in 1983 kwam er een hevel in de Grevelingendam gereed (capaciteit ca. 100 m³ per seconde).

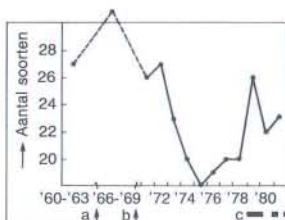
Aantal soorten

Het visonderzoek van het Delta Instituut, in samenwerking met de Deltadienst van Rijkswaterstaat, heeft interessante gegevens opgeleverd. Voor de Grevelingen zijn in de periode 1900-1980 in totaal 57 vissoorten bekend. In vergelijking met de Oosterschelde en de Waddenzee, waar 100 vissoorten zijn gevonden, is dat erg weinig. Binnen de 12 mijlszone komen zelfs 134 vissoorten voor.

Na de afsluiting in 1971 liep het aantal vissoorten sterk terug, van ca. 31 tot 18 in 1975 (zie fig. 1). De pitvis, vijfdradige meun, harnasmannetje, kabeljauw, steenbolk, ansjovis, spiering, tong en grote zeenaald, verdwenen na de afsluiting.

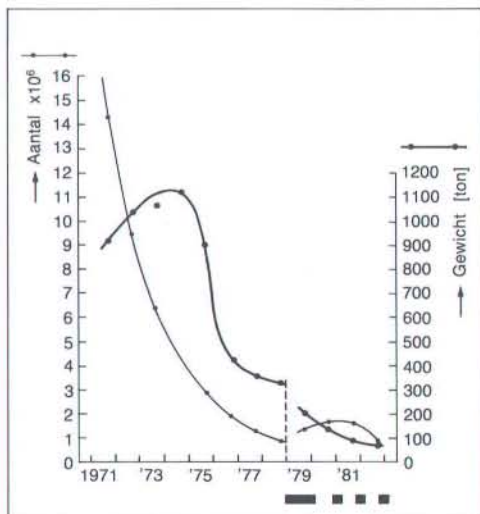


Boven: Het vaststellen van het bestand van een vissoort is vaak een moeilijke zaak. Eén van de problemen is bijvoorbeeld, dat er met een vistuig slechts een deel van de vissen die zich op het af te vissen traject bevinden, wordt gevangen. Er vindt selectie naar soort en grootte plaats. Kleine vissen kunnen bijvoorbeeld door de mazen van het net ontsnappen (maaswijdte-selectie), terwijl grote vissen door hun grotere zwemsnelheid in staat zijn voor een naderend net weg te vluchten. Hier is een televisie-camera op een boomkor gemonteerd om tijdens het vissen aan boord te kunnen zien hoe de vissen op het naderende net reageren. Een boomkor is speciaal ontworpen voor het vangen van bodemvis, zoals bijvoorbeeld schol en tong.



Van 1976 tot 1978 trad er een licht herstel op met een stabilisatie rond de 20 soorten. Een nieuwe soort was de zwarte grondel, die voor het eerst in 1976 in de proefvisserijen voorkwam (zie fig. 4) en daarna vrijwel dezelfde ontwikkeling doormaakte als in het eerder afgesloten Veerse Meer. Het effect van de Brouwerssluis op het aantal vissoorten, met name toen de sluis in 1979 het gehele jaar open stond, komt in figuur 1 duidelijk tot uiting. Onder de soorten die weer terug zijn, vinden we de glasgrondel, de botervis, de grote zee-naald en de slakdolf.

Andere soorten die eveneens weer worden waargenomen zijn kabeljauw, steenbol, snotolff en zomergasten, zoals geep, horsmakreel, zeebaars en harder. De aantallen zijn echter gering. In de jaren, toen de sluis alleen 's winters open stond (1979-1980 en 1980-1981) was het aantal vissoorten beduidend minder (zie fig. 1).



Links: Fig. 1. Aantal vissoorten gevangen met een 3 m boomkor in de diepere delen (> 5 m) van de Grevelingen. De sluiting van de Grevelingendam is aangegeven met (a), die van de Brouwersdam met (b) en de perioden dat de Brouwerssluis open stond met (c).

Boven: Fig. 2. Een gereconstrueerd verloop van het aantal en de biomassa van de scholpopulatie in het vrijwel volledig afgesloten Grevelingenmeer (1971 t/m 1978), alsook na de ingebruikneming van het doorlaatwerk in de Brouwersdam in december 1978. De periode dat de Brouwerssluis open stond is door middel van een zwarte balk aangegeven.

Schol

De gevolgen van de afsluiting op de verschillende vissoorten laten zich goed illustreren aan het voorbeeld van de schol. Doordat schollen een aantal 'prettige eigenschappen' hebben, zowel voor de consument als voor de visbio-loog, is er van deze vissoort relatief veel bekend (zie het intermezzo).

Schol, schaar en tong behoorden tot de meest algemene vissoorten. In de periode 1960-1969 was 40 procent van de bodemvis schol. Hoeveel schollen in het voorjaar van 1971 werden ingesloten weten we niet precies. Via een omweg en een aantal aannames is daar achteraf wel een schatting van te maken.

Gedurende de jaren dat het Grevelingenmeer vrijwel volledig van het omringende water was afgesloten, is er zowel door de Directie van de Visserij als door het Delta Instituut gevestigd. Beide diensten visten met een 3 m boomkor (voorzien van een 10 mm garnalennet) in de vroegere geulen (dieper dan 5 m) van het meer. Aangezien de vissen in de herfst dieper water opzoeken zijn de 'bestandsopnames' uit deze periode het beste bruikbaar voor een aantalschatting.

Uit de schattingen van beide instituten blijkt dat er in de loop van de jaren een constante afname optreedt. Het aantal schollen is voor 1972 berekend op 9,5 miljoen stuks (zie fig. 2). Extrapolatie naar najaar 1971 geeft een aantal van ruim 14 miljoen schollen.

Uit de regelmatige afname van het aantal oudere schollen, is af te leiden dat per jaar ca. 33 procent van de schollen stierf. Met name in de eerste jaren na de afsluiting is er door sportvisserij veel schol gevangen; schattingen over de periode 1972-1978 komen uit op ongeveer 7,5 miljoen stuks, hetgeen neerkomt op een sterfte tengevolge van de (sport)visserij van ca. 23 procent per jaar. Voor de natuurlijke sterfte blijft er dan nog 10 procent over, een waarde die elders ook is gevonden. De beroepsvisserij mochten (en mogen) uitsluitend op paling vissen; van de bijvangst mogen alleen een paar visjes voor eigen gebruik worden meegenomen. In 1978 waren er nog slechts 1 miljoen schollen in het meer over (zie fig. 2).

Doordat in 1979 het gehele jaar de Brouwerssluis open stond kon de scholstand zich weer enigszins herstellen (zie fig. 2). Hun aantal werd eind 1979 geschat op ca. 2 miljoen

stuks, waarvan globaal 75 procent als larve in het voorjaar moet zijn binnengekomen. Omdat de capaciteit van de sluis relatief gering is, zijn de aantallen in 1979 veel lager dan in 1971. Deze populatie heeft zich niet verder kunnen opbouwen, of zelfs maar stabiliseren, omdat gedurende de volgende jaren de sluis te vroeg (meestal rond 1 maart) werd gesloten. Het aantal schollen bedraagt de laatste jaren dan ook niet veel meer dan een half miljoen stuks. Dit is te weinig om echt interessant te zijn voor de sportvisserij.

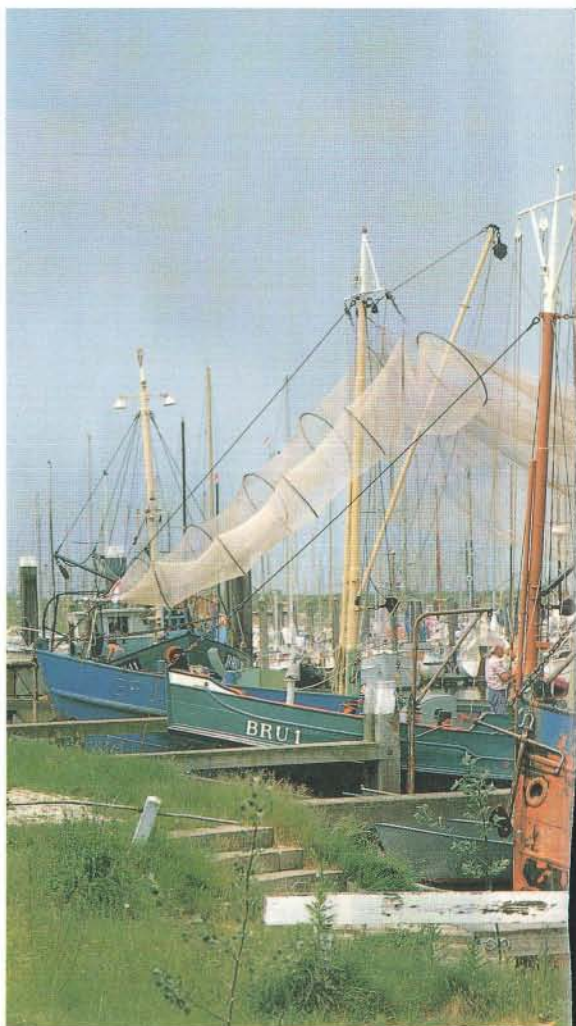
Overige platvissen

Van de andere platvissoorten is veel minder bekend. Wel weten we dat tong vrijwel direct na de afsluiting was verdwenen. Al in de eerste winter trad er grote sterfte op onder de ingesloten tongen. Tong sterft bij een watertemperatuur lager dan 3 à 4°C, een waarde die daar vrijwel elke winter bereikt wordt.

De bot heeft vermoedelijk op dezelfde wijze op de afsluiting gereageerd als de schol. Het aantal ingesloten botten moet echter veel kleiner zijn geweest, aangezien gedurende 1972-1978 door sport vissers 'slechts' 1,5 miljoen botten zijn gevangen. In 1979 heeft ook deze populatie een verjonging ondergaan. Maar omdat de botlarven over het algemeen nog later naar binnen trekken dan de schol-larven, daalde het aantal botten weer snel, van 0,6 miljoen in 1980 tot 0,1 miljoen in 1982.

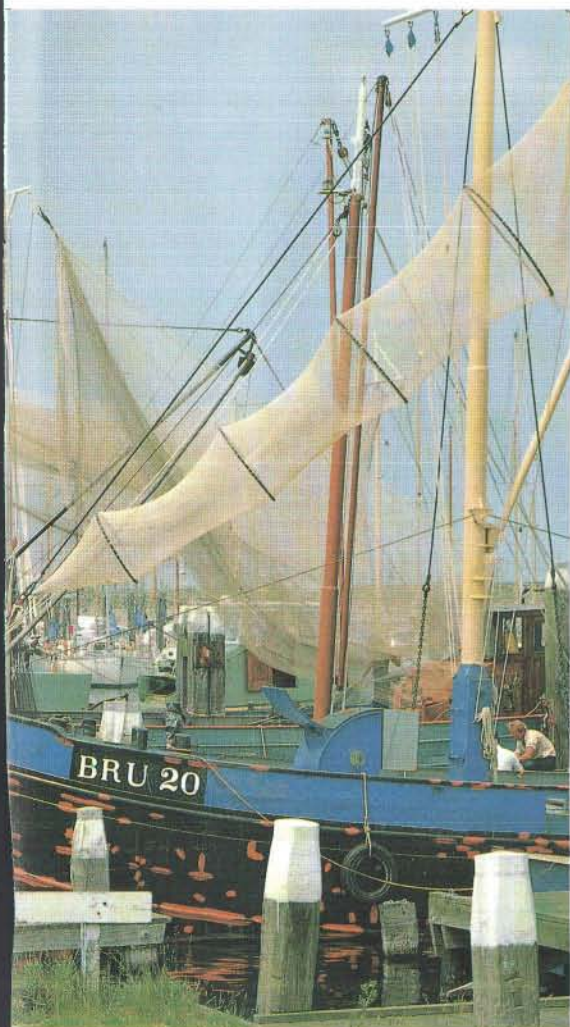
Tijdens proefvisserijen werden regelmatig enkele grieten en tarbotten van rond de 30 à 45 cm gevangen. Zulke vissen zijn viseters en worden zelden in de estuaria aangetroffen.

In tegenstelling tot de meeste platvissoorten verblijft de schaar met name 's winters in het kustgebied, waar hij zich vooral aan garnalen te goed doet. Voor de oudere dieren is het water 's zomers meestal te warm. Voor de afsluiting hadden dan ook de meeste scharren de Grevelingen alweer verlaten. Dit blijkt ook uit de boomkorvangsten; in de periode 1960-1969 was het gewichtsaandeel van schaar hierin ruim 15 procent, na de afsluiting (in 1975-1976) was dit minder dan 0,5 procent. Het sluisregiem na 1979, waarbij 's winters het doorlaatwerk open stond en 's zomers was gesloten, is gunstig geweest voor het intrekken van schaar. Het aandeel ervan in de vangsten was in 1980 dan ook reeds gestegen tot 4 procent.



Boven: Voor de beroepsvissers in de Grevelingen, de palingvissers, is Bruinisse de thuishaven.

Rechts: De rode poon is een typische Noordzee-vis, die alleen 's zomers dicht onder de kust komt. Voor de afsluiting werden ze regelmatig in de Grevelingen waargenomen, maar daarna niet meer. De poon maakt nogal een gepantserde indruk, omdat de kop voorzien is van beenplaten en de zijlijn bedekt is met beenknobbels.



Onder: De zeestekelbaars komt uitsluitend in zee voor en dan bij voorkeur in uitgestrekte zeegrasvelden. Daarom zou het Grevelingenmeer een ideaal biotoop moeten zijn voor de zeestekelbaars. Maar kennelijk komen ze tegenwoordig zo weinig meer in het kustgebied voor, dat ze er tot nu toe niet in geslaagd zijn het Grevelingenmeer te koloniseren.

Geheel onder: In de wier- en zeegrasvelden van het Grevelingenmeer komen drie soorten zeenaalden voor: de kleine zeenaald, de grote zeenaald (foto) en af en toe de adderzeenaald. Met de buisvormige snuit worden kleine planktonische diertjes opgezogen.



Voortplanting

Onder normale omstandigheden planten platvissen zich niet in het estuarium voort, maar in de Noordzee (zie het intermezzo). Het paaigebied van de tong is nog het meest kustgebonden. Paaierende tongen kunnen dan ook gedurende april, mei en juni tot ver in de Oosterschelde worden aangetroffen. Voor de aanleg van de Brouwersdam was dat in de Grevelingen niet anders. Hoewel tongen zich mogelijk best in het Grevelingenmeer hadden kunnen voortplanten, gebeurde dit niet, omdat ze 's winters daar niet konden overleven.

Oudere schollen en botten ontwikkelden elk najaar wel geslachtsprodukten. Vooral bij de vrouwelijke dieren is dit goed waar te nemen, omdat in die tijd de beide ovaria sterk uitgroeien en gevuld zijn met onrijpe eitjes (kuit). In het vroege voorjaar werden er in het Grevelingenmeer ook bevruchte eieren gevonden. Het kwam echter niet tot kleine platvisjes. Als mogelijke oorzaak werd het relatief lage zoutgehalte van het water in het meer genoemd. Het soortelijke gewicht van scholeieren in de zuidelijke Noordzee is in de regel iets lager dan dat van het zeewater, 1,025 tegenover 1,028. De eieren blijven hierdoor in het water zweven. Dezelfde eieren zullen echter in het Grevelingenmeer naar de bodem zinken en daar vermoedelijk sterven. Ook is gesuggereerd, dat de pas uitgekomen schollarfjes niet het juiste voedsel zouden vinden en dientengevolge ten dode waren opgeschreven.

Wat ook precies de oorzaak is geweest, de ingesloten schollen en de overige platvissen kwamen niet tot een succesvolle voortplanting en zouden dan na ca. 30 jaar zijn uitgestorven, wanneer de verbinding met de Noordzee daarvoor niet was hersteld.

De Brouwerssluis, die de verbinding van het Grevelingenmeer met de Noordzee vormt, is een geliefde visstek voor jong en oud. Tijdens het in- en uitlaten (spuien) van water worden allerlei vissen meegevoerd. Soms hoeft je alleen maar een blanke haak in een haringschool te gooien om de vissen eruit te kunnen takelen.

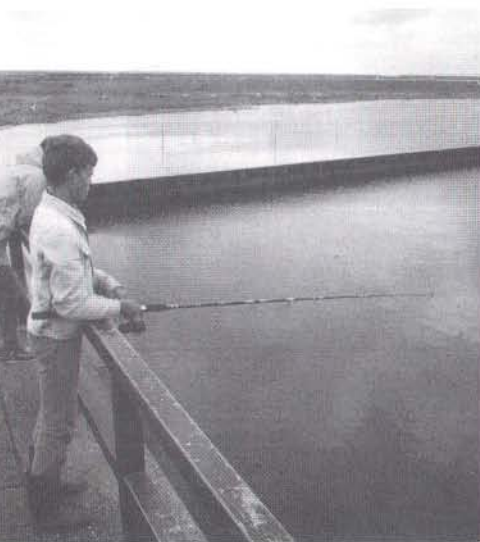
Het leven van de schol

Volwassen schollen paaien voornamelijk in het centrale en zuidelijke deel van de Noordzee en in het Kanaal gedurende de maanden december tot maart; en wel hoe zuidelijker hoe vroeger in het seizoen (zie fig. 1-1). Afhankelijk van de watertemperatuur komen de in het water zwevende (pelagische) eieren na ongeveer 10 tot 20 dagen uit. Na nog eens 8 tot 9 weken ondergaan de pelagische larven een laatste gedaanteverwisseling (metamorfose). Het linkeroog verhuist daarbij o.a. naar de andere zijde. Het zijn nu echte platvisjes van ca. 12 mm geworden en gereed voor het leven op de bodem.

Onder invloed van de overheersende getijstromingen in de zuidelijk Noordzee zijn eerst de eieren en daarna de larven in een noordoostelijke richting getransporteerd. Op het moment van de gedaanteverwisseling zijn ze voor de zeegaten in Zuidwest- en Noord-Nederland aangekomen. De scholletjes voor de Zeeuwse stromen zijn voornamelijk afkomstig van de paaiplaatsen in het Kanaal. Bovendien neemt de concentratie aan larven in het kustwater in noordelijke richting toe. Onder invloed van bepaalde, nog maar ten dele bekende, 'stimuli' trekken de scholletjes vervolgens de estuaria binnen. Daarbij zwemmen ze tijdens het begin van de vloed van de bodem naar boven in de waterkolom om zich vervolgens met de vloedstroom mee naar binnen te laten vervoeren. Even voor de kentering laten ze zich weer naar de bodem zakken, zowel om uitspoeling tegen te gaan, alsook om voedsel te zoeken. In het estuarium brengen de 'postzegel'visjes hun eerste levensjaar door. Met opkomend water trekken ze de platen op om zich er te goed te doen aan het rijke bodemleven. Met laag water trekken de scholletjes zich weer terug in de geulen.

Door de relatief hoge watertemperatuur en de overvloed aan voedsel zijn de schollen aan het einde van hun eerste levensjaar ca. 8-10 cm lang. Gedurende de winter verhuizen de vissen naar dieper water en een deel verlaat het estuarium, om er het volgende voorjaar weer terug te komen.

Enkele dieren komen ook nog een derde keer, dan twee jaar oud, terug. Schollen van drie jaar en ouder leven in de Noordzee en



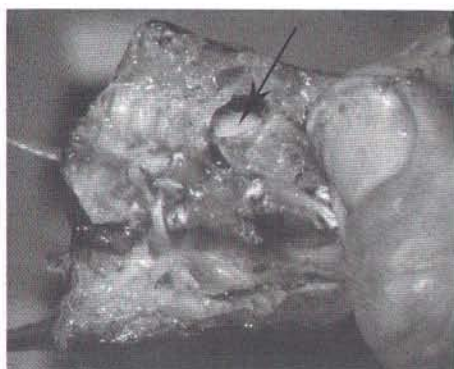
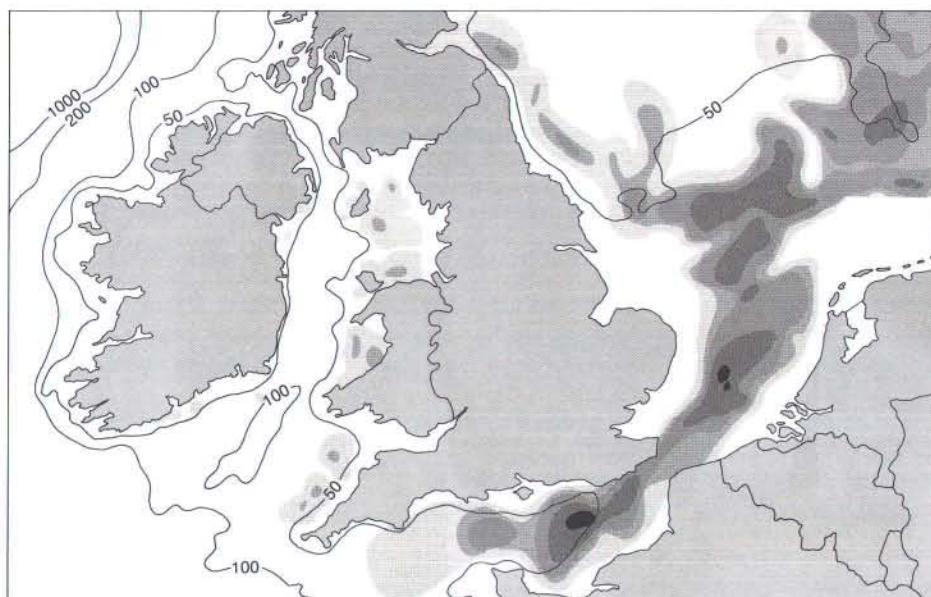


Fig. I-1. De belangrijkste paaigebieden van de schol in de zuidelijke Noordzee en het Kanaal. Door middel van tinten is de dichtheid aan pelagische eieren weergegeven.

De leeftijd van een schol is af te lezen aan het aantal jaarringen in de twee gehoorsteentjes (otolieten), die elke vis in zijn kop meedraagt. De jaarringen ontstaan doordat de vis in de zomer snel groeit en dienvolgens veel kalkachtig materiaal in de steen afzet. 's Winters staat de groei vrijwel stil. Door de kop op de juiste plaats te splitsen wordt zowel links als rechts van het snijvlak een otoliet bloot gelegd (pijl).

trekken tegen het einde van het jaar meestal naar de plek waar ze zelf zijn geboren, om er te paaien. Schollen kunnen ca. 30 jaar oud worden, maar de meeste worden eerder van de bodem geschept door de 14 m brede boomkorren van een kotter en beëindigen hun leven vroegtijdig onder het fileermes.

Schollen tot een lengte van zo'n 6 cm eten hoofdzakelijk klein spul, zoals bodembewonende roeipootkreeftjes (harpacticoid copepoden). Oudere schollen eten vooral wormen (meer dan de helft van hun dieet), schelpdieren en kreeft-

achtigen. Men weet ook dat de vissen op een zeer efficiënte wijze hun prooidieren benutten. Zo happen ze bijvoorbeeld, op het moment dat een wadpier zijn achtereind uit de bodem steekt om te poepen (dit geeft de karakteristieke 'tandpasta'hoopjes), een deel van de staart af. De wadpier op zijn beurt, is hier als het ware op aangepast; zijn staart is opgebouwd uit meerdere segmenten en de volgende groeit uit tot een nieuw staartuiteinde. Iets dergelijks gebeurt wanneer een schol een deel van de in- en uitstroomopening (sifo) van een schelpdier afbijt.

Visuïtellingen

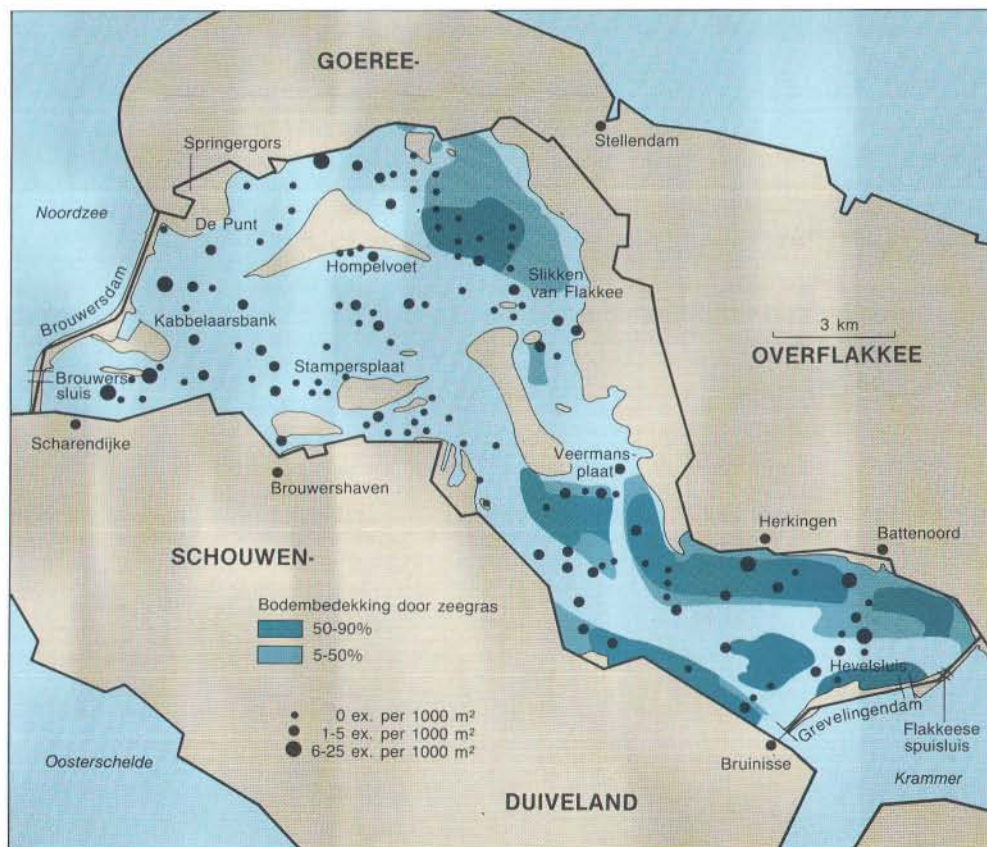
De enorme vangsten, die sportvisserij in de eerste jaren na de afsluiting maakten, heeft men willen voortzetten door het uitzetten van platvis. Vanaf eind 1975 tot begin 1978 zijn er door de beherende organisatie van sportvisserij, de Deltafederatie, zo'n 160.000 schollen, 350.000 botten en 1 miljoen scharren uitgezet. De vissen werden gedurende de wintermaanden in de Oosterschelde gevangen met een garnalenkor. Tijdens de vangst en het transport trad er echter nogal wat sterfte op.

De uitzetting van schol bedroeg slechts 10 procent van de reeds sterk geslonken populatie van ca. 1,6 miljoen stuks in 1977. In diezelfde periode (1976-1977) vingen sportvisserij al meer dan 600.000 schollen. Het effect van de scholuitzetting is dan ook nauwelijks terug te vinden in de vangstgegevens.

Rechts: Palingfuiken drogend in de mast. In het Grevelingenmeer mogen de beroepsvisserij uitsluitend met fuien op paling vissen.

Geheel rechts: Met een palingbak kun je de lengte van een paling meten. In tegenstelling tot bijvoorbeeld vogels en zoogdieren blijven vissen gedurende hun gehele leven groeien. De lengte is bovendien een goede maat voor het gewicht.

Onder: Fig. 3. Het voorkomen van zeegras en paling in het Grevelingenmeer in de zomer van 1981. Hoewel paling een voorkeur zou hebben voor zeegrasvelden komt hij verspreid over het gehele meer voor.





Daarentegen is het aantal uitgezette botten groter dan het in die periode gevangen aantal van 200000 stuks. Voor bot, en zeker voor schaar, hebben de uitzettingen positief gewerkt op de hengselresultaten.

Ten behoeve van de sportvissers werden er, net als in het Veerse Meer, gedurende 1971-1977 door de Deltafederatie bovendien nog 230000 maatse regenboogforellen uitgezet. Aangezien ook deze vissen zich hier niet voortplanten is het vrijwel ondoenlijk in zo'n groot meer een aantrekkelijke forellenbezetting te bereiken, laat staan op peil te houden.

Paling

Het Grevelingenmeer valt sinds 1971 onder het Nederlandse binnenwater. Het visrecht berust bij de Staat. De Dienst der Domeinen verhuurt de visrechten gesplitst, dat wil zeggen het aalvisrecht aan de beroepsvissersvereniging 'De Grevelingen' en het visrecht, met uitzondering van dat op de paling, aan de sportvissersvereniging 'De Deltafederatie'.

Er zijn elf aalbedrijven, die via een roulingssysteem het Grevelingenmeer met fuiken bevissen. In de periode 1972-1978 werd er door de beroepsvisserij gemiddeld 72 ton paling per jaar op de vismijn aangevoerd. Na het openen van de Brouwerssluis steeg de aanvoer

(periode 1979-1982) naar ca. 85 ton (8 kg/ha), een toename van bijna 20 procent. In diezelfde periode steeg het aandeel van de schieraal (de voor zijn voortplanting naar zee wegtrekkende paling) van 20 naar 50 procent. Kennelijk is het aantal niet zozeer toegenomen, maar zijn de palingen die de laatste jaren worden gevangen ouder en zwaarder van stuk.

De groei van de paling is dan ook uitstekend; het merendeel van de aangevoerde vissen is tussen de 60 en 80 cm lang, terwijl er in het meer ook kanjers van 90 cm of meer voorkomen. Palingen zijn over het gehele meer aan te treffen. Toch komen ze niet overal evenveel voor (zie fig. 3). Mede door de geringe platvisstand van de laatste jaren zijn de voedselomstandigheden voor de paling meer dan optimaal. Afhankelijk van de grootte, eten palingen allerlei bodemdieren, zoals wormen, kleine kreeftachtigen, broedjes van schelpdieren, garnalen, (zachte) krabben en grondels. Grote exemplaren bleken ook vaak meerdere sprotten in hun maag te hebben.

Een jaaropbrengst van 10 à 15 kg paling per hectare is zeer goed mogelijk. Het Veerse Meer bijvoorbeeld behoort met 20 kg/ha tot de meest produktieve (paling)wateren van Nederland. Of dit hier ook bereikt zal worden, zal onder andere afhangen van het te voeren sluisbeheer en/of de hoeveelheid uitgezette glasaal.

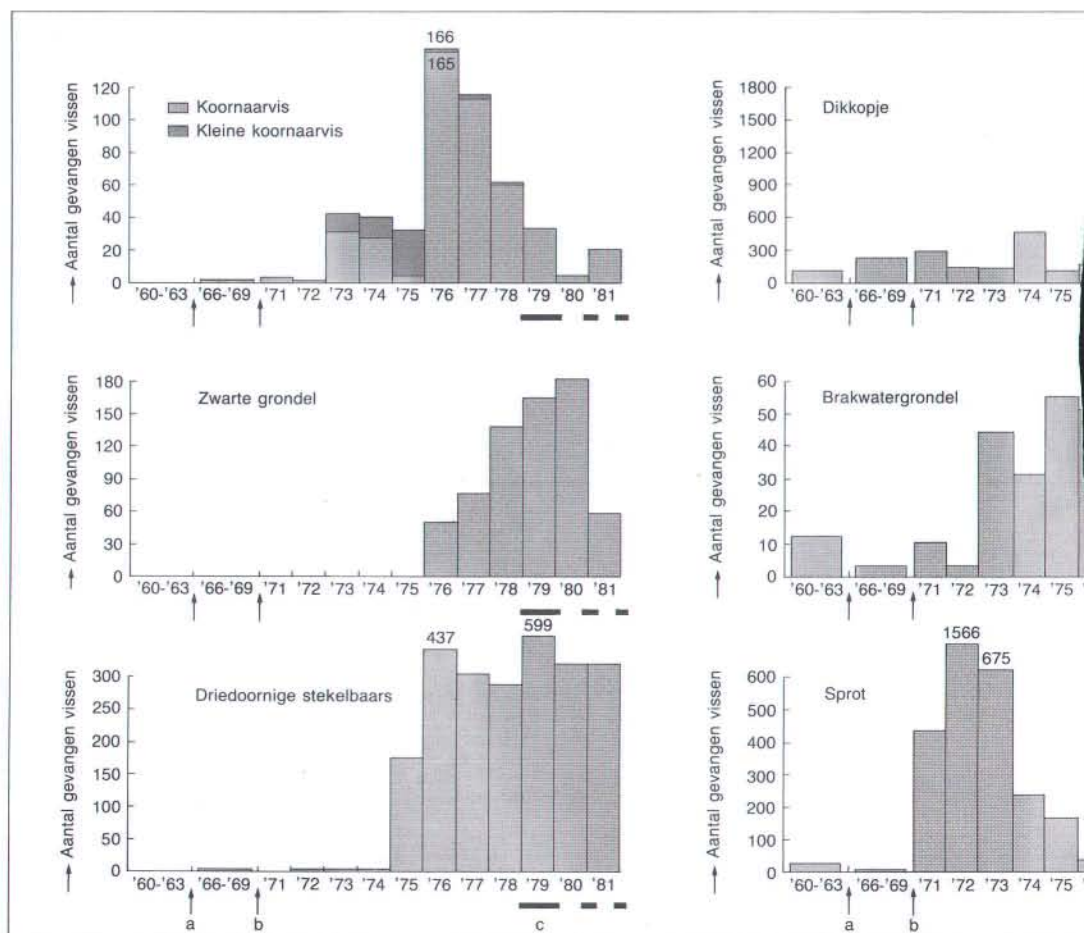
Kleine vissoorten

In tegenstelling tot de grotere soorten, hebben de kleine vissoorten zich in het Grevelingenmeer over het algemeen goed weten te handhaven. Enkele zijn zelfs sterk in aantal toegenomen (zie fig. 4). Ze hebben daarbij het voordeel dat ze hun hele levenscyclus in het meer kunnen voltooien. Bovendien zijn ze hun belangrijkste vijanden, de roofvissen, kwijt.

De koornaarvis kwam slechts weinig in het Grevelingenestuarium voor. In het meer breidde de soort zich sterk uit. Echter, reeds ver voor de ingebruikname van de Brouwerssluis zakte de populatie, zonder een duidelijk aanwijsbare oorzaak, weer in tot op het niveau van vóór de afsluiting. Er worden trouwens

twee soorten onderscheiden, de gewone koornaarvis *Atherina presbyter* en de kleine koornaarvis *A. boyeri*, die vanaf 1979 niet meer is waargenomen. *A. boyeri* zou de voorkeur geven aan wat lagere zoutgehalten en komt bijv. vrij veel voor in het brakke Veerse Meer.

Een vergelijkbaar verloop zien we bij de sprot. De ingesloten populatie nam gedurende de eerste twee jaar zeer sterk toe, om daarna terug te vallen tot het oorspronkelijke niveau. Aangezien sprot, evenals schol, pelagische (zwevende) eieren heeft, speelde het dalend zoutgehalte mogelijk een negatieve rol op de overlevingskansen van de eieren. De laatste jaren worden er in het voorjaar weer regelmatig sproteieren waargenomen. Van de zich daaruit ontwikkelende larven werden er eind

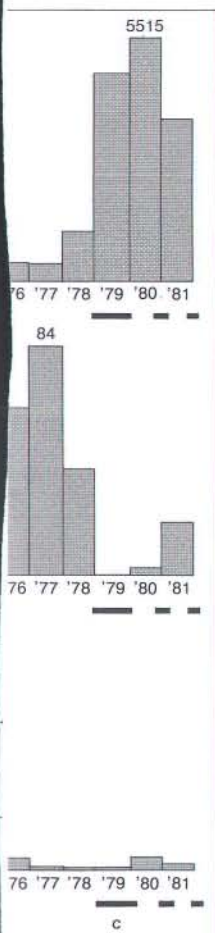


juni 1982 gemiddeld 13 per 100 m³ geteld.

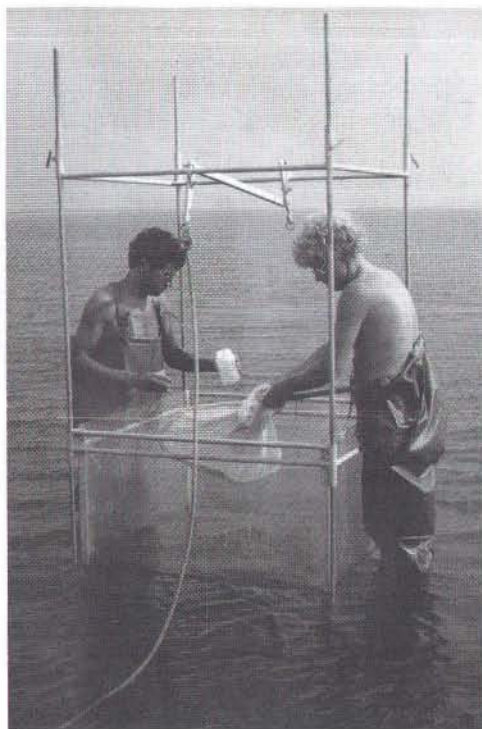
Van de driedoornige stekelbaars is het niet vreemd, dat hij zich goed thuisvoelt in het Grevelingenmeer. In de 4000 ha zeegras, die na de afsluiting is ontstaan, verdedigen de fel gekleurde mannetjes in het voorjaar hun territorium en maken er hun nest van wier en zee-gras. De jongen groeien tussen de weelderige zee-grasvegetatie op. Pas in de herfst zoeken de stekelbaarzen open water op. In 1980 werd hun aantal geschat op 120 miljoen met een gezamenlijk gewicht van 100 ton. De laatste jaren lijkt de populatie echter sterk in aantal af te nemen. Mogelijk hangt dit samen met het sluisregiem: de stekelbaarzen kunnen nu in de herfst en winter naar de Noordzee wegtrekken, maar wanneer ze in een koud voorjaar pas na

1 maart terugkeren vinden ze de Brouwerssluis gesloten.

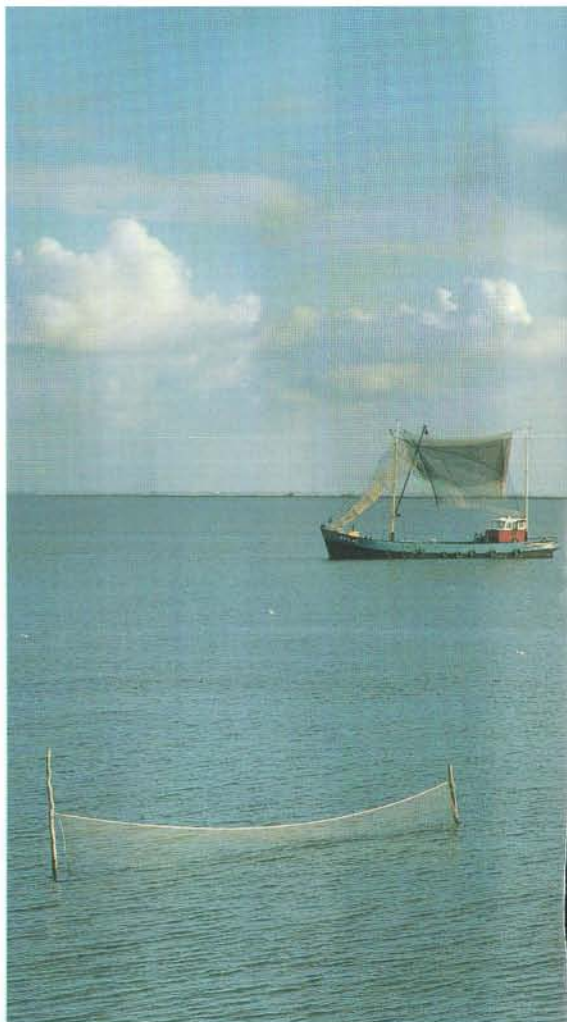
Een andere succesvolle groep is de op de bodem voorkomende grondels (zie fig. 4). Vooral het dikkopje heeft zich vanaf 1978 explosief ontwikkeld. Dit visje leeft vooral in de wat diepere delen van het meer. Toen in 1978 en 1979, als gevolg van gebrek aan zuurstof op de bodem, vrijwel alle bodemdieren op een diepte van meer dan 8 m doodgingen, profiteerden de dikkopjes van de vele vrijgekomen schelpen om er hun eieren in af te zetten. In augustus 1980 werd hun aantal geschat op ruim 400 miljoen (4 grondels per m²) met een gezamenlijk gewicht van 200 ton, terwijl in het jaar daarop hun aantal weer tot wat normalere proporties was gereduceerd, nl. 30 miljoen.



Links: Fig. 4. De opkomst en neergang van enkele vissoorten in het Grevelingenmeer. Een dergelijk aantalsverloop is karakteristiek voor organismen in instabiele milieus. Slechts gedurende korte tijd zijn de omstandigheden voor een bepaalde soort optimaal. Dan kunnen nieuwe kolonisten, zoals bijvoorbeeld de zwarte grondel in de Grevelingen, zich vaak explosief uitbreiden. Weergegeven is het aantal gevangen vissen per 100 minuten vissen met een kor, een maat voor de talrijkheid, in de diepere delen (> 5 m) van het meer.



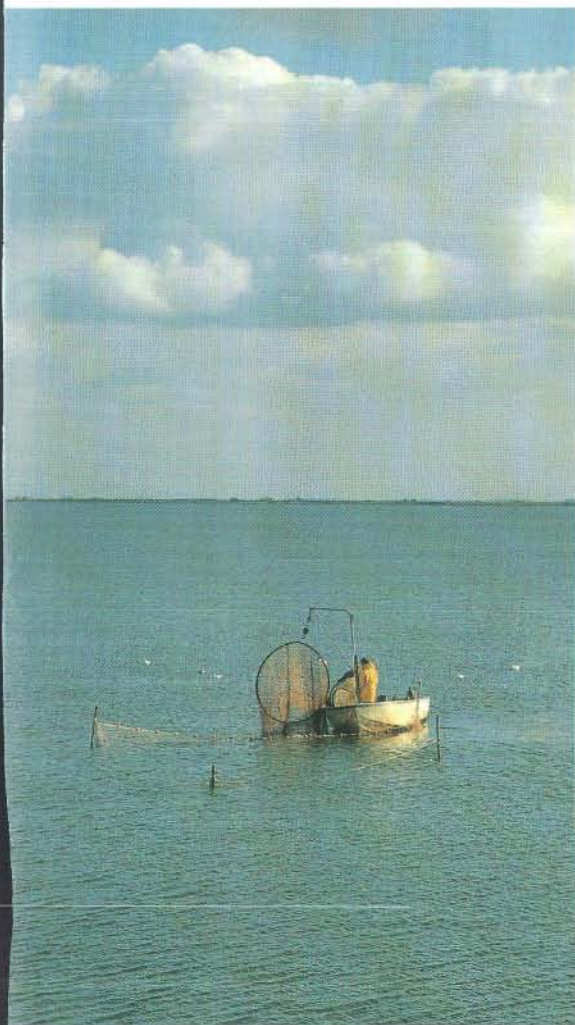
Boven: Voor het vaststellen van het aantal vissen in het Grevelingenmeer zijn verschillende technieken toegepast. In ondiep water (0-60 cm) is onder andere gebruik gemaakt van een valnet. In de uitgangssituatie hangt de bak (1x1 m) boven water. Door middel van een touw kan op afstand een trekmechanisme ontgrendeld worden, waardoor de bak naar beneden valt. Met behulp van een schepnet worden dan de gevangen vissen, in dit geval brakwatergrondels, uit de bak gehaald.



In tegenstelling tot de vorige soort is de wat kleinere brakwatergrondel sterk gebonden aan het ondiepe water aan de randen. Vrijwel alle grondels komen in 0-60 cm diep water voor. Ook hier zien we van jaar tot jaar grote aantalschommelingen. De grondels blijken in strenge winters erg kwetsbaar te zijn, zoals men na die van 1978-1979 kon vaststellen. In september 1981 werd het aantal brakwatergrondels geschat op 300 miljoen (145 ton) en in 1982 op iets meer dan 80 miljoen.

De grondels vormen een belangrijke schakel in de voedselketen. Visjes tot ca. 40 à 45 mm eten overwegend copepoden (roepootkreeft-

jes), terwijl grotere grondels zich vooral voeden met kleine kreeftachtigen, zoals vlokreeften, zeepissebedden en aasgarnalen. Grondels worden op hun beurt weer gegeten door grotere vissen en visetende vogels. Van de in de nazomer aanwezige grondels is in het daarop volgende voorjaar gemiddeld slechts 2 procent over om voor de voortplanting te zorgen. Zowel de talrijke futen en middelste zaagbekken, als de platvissen, eten elk ca. 36 procent op. Wat er met de overige 25 procent gebeurt is niet geheel duidelijk. Maar ook paling, zeedonderpad, aalscholver en strandkrab zouden grondels kunnen eten.



Geheel linksboven: Vergeleken met de tarbotjes in het kustgebied zijn de exemplaren van 30 à 45 cm (550-1800 g) in het Grevelingenmeer al hele knapen. Uitgezet te jonge tarbotten (en grieten) zouden een welkome aanvulling voor de sterk geslonken platvisstand betekenen.

Linksboven: Voor het bepalen van de plaats en de rol van de vissen in de voedselketen is het onder andere belangrijk te weten hoeveel de vissen eten en waaruit hun menu is samengesteld (maaginhoud-analyse). Deze schar had 'grondels' op zijn menu staan. In dit geval liep de voedselketen van roeipootkreeftje, via grondel, naar schar.

Boven: Palingvisserij bezig met hun werkzaamheden op het Grevelingenmeer. De gevangen paling is uitstekend van kwaliteit, microverontreinigingen in de vorm van bijvoorbeeld polychloorbifenylen (PCB's), zware metalen of residuen van bestrijdingsmiddelen komen hier niet of nauwelijks voor.

Visstandbeheer

Met behulp van de Brouwerssluis en de Flakkeese spuisluis (hevel) is het mogelijk in beperkte mate de aan- en afvoer van water in het Grevelingenmeer te regelen. De zorg van de beheerder richt zich in de eerste plaats op de kwaliteit van het water, met name met betrekking tot het zuurstof- en zoutgehalte. Maar met dezelfde kunstwerken is het ook mogelijk de in- en uittrek van vis te beïnvloeden. We zullen de mogelijkheden van visstandbeheer nu nader bekijken. Daarbij gaan we er van uit, dat het Grevelingenmeer zout blijft en dat de waterkwaliteit het gehele jaar op peil kan worden gehouden. We beperken ons verder tot twee soorten: paling (van belang voor de beroepsvisserij) en schol (als meest interessante soort voor de sportvisserij).

Vóór het gereedkomen van de Flakkeese spuisluis werd er in de herfst al op beperkte schaal met de Brouwerssluis gemanipuleerd. Paling (en dan vooral schieraal) trekt namelijk in het najaar bij voorkeur naar zee tijdens donkere, maanloze nachten, vooral met ruig weer (met name in de periode tussen volle en nieuwe maan). De trek is op gang te brengen door in september en oktober te gaan 'stromen' (spuien). De beroepsvisserij trachten dan zoveel mogelijk te vangen door hun fuiken op de trekweg van de paling te plaatsen, bijvoorbeeld in de buurt van de spuisluis. In de herfst 'moeten' de grootste vangsten van het jaar worden gemaakt.

Een goed overleg tussen palingvisserij en sluisbeheerder kan mogelijk leiden tot een betere beïnvloeding van de schieraaltrek. De voordelen voor de palingvisserij zullen in dit overleg wel getoetst dienen te worden aan de eventuele nadelen voor andere 'belangengroepen'; te denken valt bijvoorbeeld aan bezwaren van de zijde van natuurbeheer of van sportvisserij.

Een ander punt is de intrek van glasaal. Gedurende maart en april trekken de drie jaar oude en 6,5 cm lange glasalen het binnenwater in. Dit gebeurt vooral op plaatsen waar een zoetwaterstroom in zee loopt. Deze lokstroom, die behalve zoetwater ook allerlei geurstoffen van het achterland bevat, trekt de in zee verblijvende glasalen van verre aan. Bekende intrekplaatsen zijn bijvoorbeeld de sluizen van Kornwerderzand en Stellendam.

Uit onderzoek is echter gebleken, dat er nauwelijks glasaal door de Brouwerssluis en de bijbehorende vissluis naar binnen trekt. Er wordt dan ook elk jaar glasaal en/of pootaal in het Grevelingenmeer uitgezet. Door schaarste op de Europese markt wordt het streven om elk jaar 2500 kg (0,2 kg/ha) glasaal uit te zetten niet altijd gehaald. Men zou dan ook moeten onderzoeken of de glasaalintrek via de Brouwerssluis en de vissluis niet te verbeteren is.

Meer schol

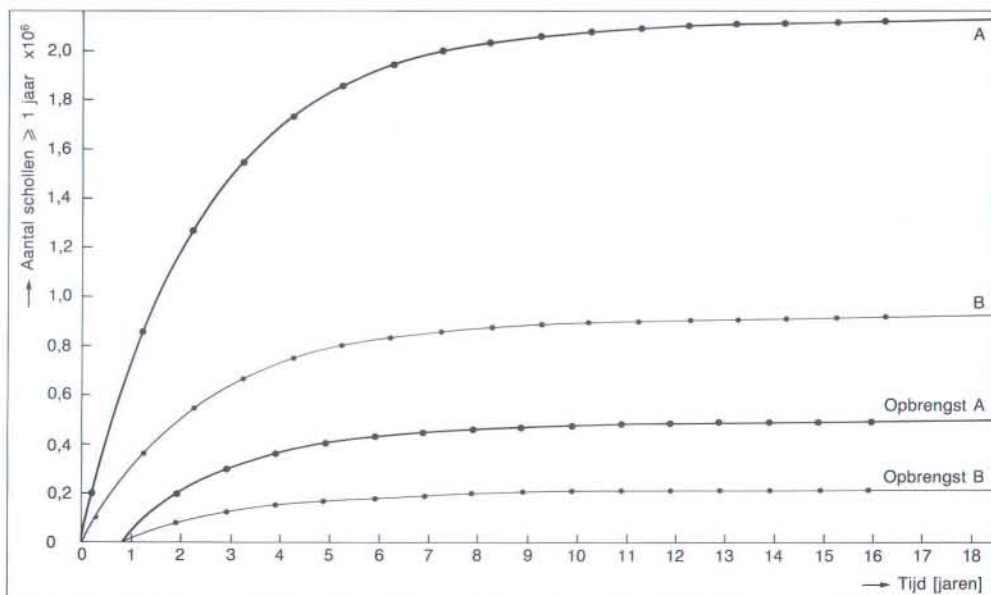
De scholstand in het Grevelingenmeer zal voor de sportvisserij behoorlijk moeten worden verhoogd; bijvoorbeeld een stand waarvan jaarlijks 1 miljoen maatse schollen (≥ 27 cm) zouden kunnen worden geoogst. Bij de huidige populatie is dat onmogelijk.

Om zoveel mogelijk larven binnen te krijgen en om uitspoeling tijdens de ebfase tegen te gaan, dient de Brouwerssluis open te staan van februari tot en met mei en wel uitsluitend tijdens opkomend water. Het overtollige water kan dan tijdens laagwater door middel van de Flakkeese spuisluis op de Krammer worden geloosd. Om wegtrek van de oudere schol gedurende de herfst en winter zoveel mogelijk tegen



Boven: De inhoud van deze kuip, bestaande uit sprot, jonge haring en paling, laat de vangst van een trek met de pelagische trawl in het Grevelingenmeer zien. In tegenstelling tot de boomkor (bodem) wordt met dit net de gehele waterkolom afgevist. De aanwezigheid van paling hierin is dan ook heel opvallend. Uit de maaginhoudanalyses bleek, dat de grote palingen jacht hadden gemaakt op scholen sprot.

Onder: Fig. 5. Twee modellen met betrekking tot de te verwachten bestandsontwikkeling van de scholpopulatie in het Grevelingenmeer en het aandeel dat daarvan geoogst zou kunnen worden door sportvissers. Bij model A is aangenomen dat er een jaarlijkse import is van 5 miljoen larven en 200 000 schollen van één jaar of ouder. Bij B zijn deze waarden respectievelijk 2 miljoen larven en 100 000 schollen ouder dan 1 jaar. De mortaliteit onder juveniele schollen is 90 procent per jaar en onder schollen ouder dan 1 jaar 33 procent per jaar. De visserijmortaliteit is gesteld op 23 procent per jaar.



te gaan dient de Brouwerssluis dicht te blijven tot eind januari (dit zou in conflict kunnen komen met de belangen van de palingvisser). Eventueel zou men kunnen overwegen om in die periode alleen water in te laten wanneer de stroomsnelheid groter is dan 1,5 meter per seconde. Zelfs een volwassen schol zal de grootste moeite hebben een dergelijke zwemsnelheid lang vol te houden. Uitgaande van een aantal aannames is een schatting gemaakt van de te verwachten populatie-ontwikkeling en het aantal te vangen schollen (zie fig. 5). In het meest gunstige geval zijn er na ca. 10 jaar ruim 2 miljoen oudere schollen in het meer en kunnen er jaarlijks ca. 500 000 gevangen worden. In het vermoedelijk wat reëlere geval wordt de stand ca. 900 000 schollen en zijn er per jaar slechts 200 000 te vangen.

Zou men echter veel meer willen gaan vangen, dan zal er moeten worden uitgezet, waarbij het overzetten van vis uit de Oosterschelde als minder ideaal wordt gezien. Beter lijkt het om scholletjes van ca. 5 cm te kopen bij een kweker of ze zelf te gaan kweken. (Misschien zijn er mogelijkheden voor het benutten van het koelwater van de kerncentrale van Borssele?) Het voordeel hiervan is, dat de zeer hoge natuurlijke sterfte van de eieren en larven wordt omzeild. Een kosten/baten-analyse zal

de haalbaarheid van een dergelijk project moeten uitwijzen. Uiteraard zullen de sportvisser zelf het leeuwendeel van de kosten moeten dragen. Er zullen toch al gauw een 1,5 miljoen scholletjes per jaar nodig zijn. Qua aanbod aan bodemdieren zal een scholbezetting van globaal 50 kg/ha geen voedselproblemen opleveren, zoals na de afsluiting is gebleken.

Een zoutwatermeer

Het zal tenslotte geen betoog behoeven, dat hoe meer water er via de Brouwerssluis wordt ingelaten, hoe groter de intrekmogelijkheden voor vissen vanuit de Noordzee zijn en des te gevarieerder de visfauna van het meer.

Een zout Grevelingenmeer, mits met overleg beheerd, zal nog veel plezier kunnen bieden aan een grote categorie 'gebruikers', zoals: natuurliefhebbers, recreanten (zeilers, sportvisser, duikers enz.), beroepsvisser (schelpdier- en palingvisser) en wetenschappers. Het is trouwens gebleken dat de paling- en oester-visserij zonder wederzijdse schade naast elkaar kunnen worden uitgeoefend. De Grevelingen is eigenlijk één groot ecologisch experiment; verrassingen, zoals in het verleden zijn opgetreden in de vorm van de platte Zeeuwse oester, zijn ook in de toekomst niet uitgesloten.

Literatuur

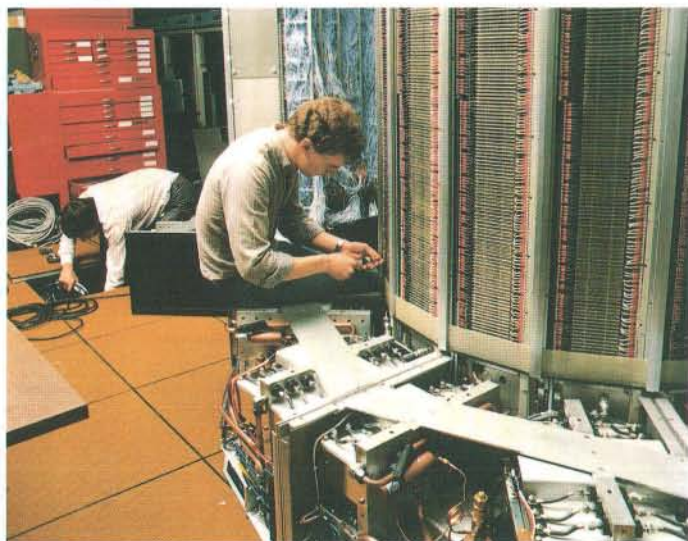
- Doornbos, G., (1982). *Changes in the fish fauna of the former Grevelingen estuary, before and after the closure in 1971*. Hydrobiol. Bull. 16, 2/3, pag. 279-283.
- Doornbos, G., Twisk, F., (1984). *Density, growth and annual food consumption of plaice (Pleuronectes platessa L.) and flounder (Platichthys flesus L.) in Lake Grevelingen, The Netherlands*. Neth. J. Sea Res. 18, 3/4, pag. 434-456.
- Nienhuis, P.H., (1983). *Zeegrasgemeenschap in het Grevelingenmeer*. In: Parma, S., (ed). *Oecologie van meren en plassen*. Pudoc, Wageningen. Biologische Raad Reeks, pag. 36-56.
- Nienhuis, P.H., (1984). *Het Grevelingenmeer*. Natuur en Techniek 52, 8, pag. 622-641.
- Steinmetz, B., Slothouwer, D., (1979). *De betekenis van de Grevelingen voor de sportvisserij - Visserijkundige waarnemingen in de jaren 1971-1977*. Directie van de Visserijen, Den Haag. Documentatierapport nr. 21, pag. 1-101.
- Vaas, K.F., (1979). *Studies on the fish fauna of an estuary in the S.W. Netherlands, before and after its change into the stagnant, saline, Lake Grevelingen*. Hydrobiol. Bull. 13, 2/3, pag. 177-188.
- Vaas, K.F., Vlasblom, A.G., Koeijer, P. de, (1975). *Studies on the black goby (Gobius niger, Gobiidae, Pisces) in the Veerse Meer, SW Netherlands*. Neth. J. Sea Res. 9, 1, pag. 56-68.
- Werkgroep Visserij, (1982). *Keuze zout of zoet Grevelingenmeer*. Projectgroep Grevelingenmeer zout/zoet, pag. 1-75.
- Zijlstra, J.J., Dapper, R., Witte, J.I.J., (1982). *Settlement, growth and mortality of post-larval plaice (Pleuronectes platessa) in the western Wadden Sea*. Neth. J. Sea Res. 15, 2, pag. 250-272.

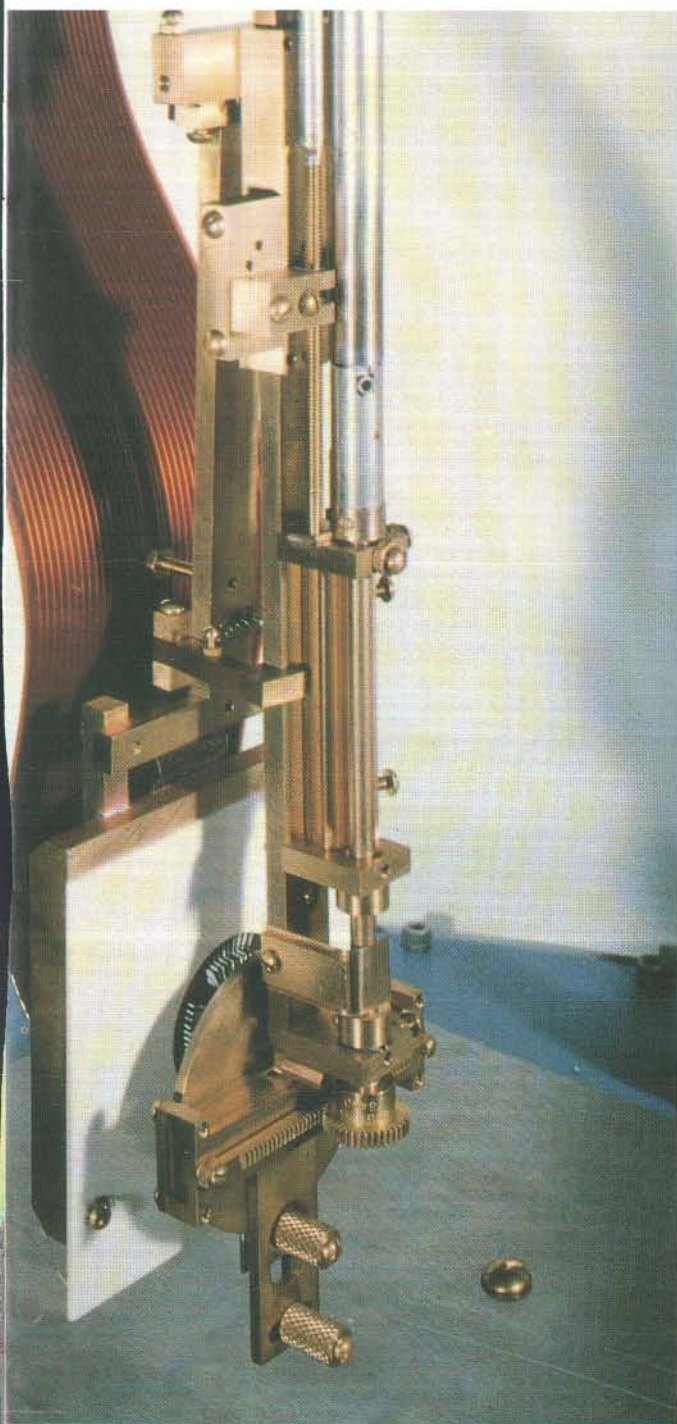
Bronvermelding illustraties

- René Kleingeld, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke: pag. 330-331, 334-335, 335, 338, 342-343.
- Fred Twisk, Middelburg: pag. 332, 336, 337 (foto), 342 boven en onder.
- Rob Lambeck, Kapelle: pag. 339, 344.
- Geerdinus Doornbos, 's-Gravenpolder: pag. 341.

Computers hebben zich de laatste twintig jaar een plaats veroverd als volwaardig onderzoeksinstrument. We kunnen nu 'in' de rekenapparatuur experimenten doen die anders, in de werkelijkheid, te gevaarlijk zouden zijn, te veel zouden kosten, jaren of eeuwen zouden duren of domweg onmogelijk zouden zijn. Om er enkele te noemen: men kan een bom laten ontploffen, een auto tegen de muur laten rijden, een olieveld leegpompen, tweedimensionaal water laten bevriezen, een ruimteschip vertonen of de werking van een enzym remmen. Wil men echter iets aan die nabootsing hebben, dan moeten ze voldoende nauwkeurig en uitgebreid zijn. Dit brengt wel een enorme vraag naar rekencapaciteit en geheugenruimte met zich mee. Om hieraan te voldoen worden er, hoofdzakelijk in Amerika en Japan, steeds krachtiger systemen ontwikkeld: supercomputers.

SUPER COMPUTERS





Jaap Hollenberg

*Rekencentrum der Rijksuniversiteit
Groningen*

Een van de twee in de Benelux geïnstalleerde supercomputers is een Cray-1 bij een laboratorium van Shell in Rijswijk. Tijdens de installatie daarvan wordt ons een blik in het inwendige gegund: een schier onontwarbare kluwen draden op de achtergrond verbindt de tientallen onderdelen die keurig opgestapeld zijn in het centrale deel van deze vectorcomputer.

Een van de schakelingen die een computer tot supercomputer kan maken is de Josephson junction. Deze berust op het effect dat er toch stroom kan lopen door een isolerend laagje tussen twee supergeleidende materialen, als de schakeling op -269°C , de temperatuur van vloeibaar helium, wordt gebracht. Op de foto is een Josephson junction te zien die op het punt staat in een He-bad gedompeld te worden. Via de platte, buigzame kabel is de schakeling met de rest van de computer verbonden.

De apparaten ten behoeve van wetenschappelijk rekenwerk vormen de laatste tijd een soort piramide. Aan de voet zien we steeds grotere aantallen zogenaamde PC's of *personal computers* en aan de top een paar supercomputers. Onder supercomputers verstaat men algemeen de snelste en grootste reken-systemen die er op een bepaald moment te koop zijn. Met snel wordt hier bedoeld de mogelijkheid tot het in korte tijd doen van vele rekenbewerkingen (bijvoorbeeld: optellingen of vermenigvuldigingen). De gangbare eenheid hiervoor is *Mflop·s⁻¹*, ofwel miljoen rekenbewerkingen per seconde.

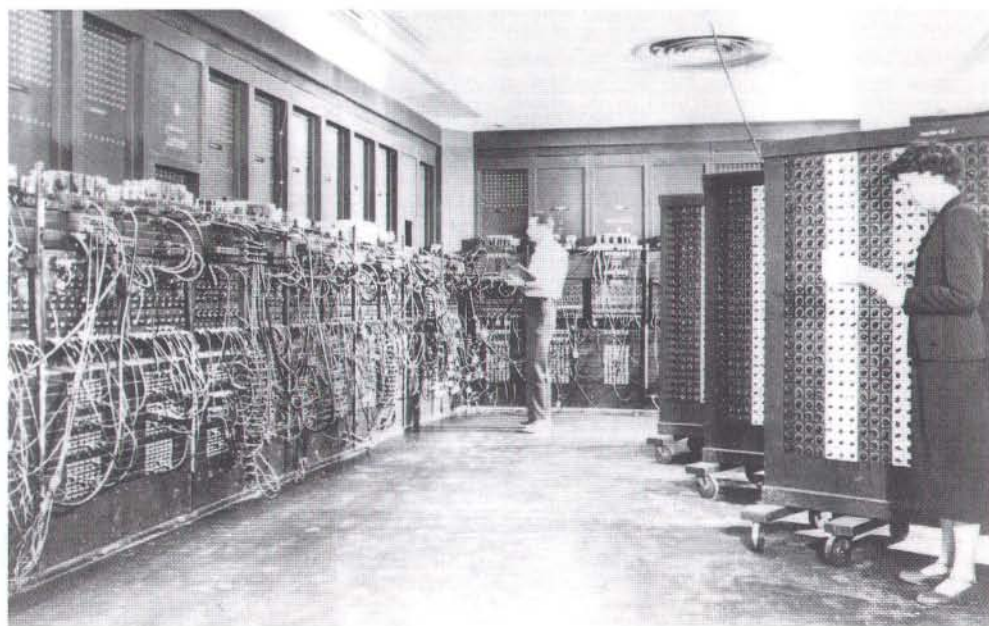
In de steeds veranderende computerwereld is 'super' natuurlijk een vergankelijk begrip, toch zijn er door de jaren heen enkele constanten aan te wijzen. Zo zijn supercomputers altijd een orde sneller dan hun 'lagere' soortgenoten. Ook is de prijs, inflatie of niet, al jaren 5 tot 15 miljoen dollar. Tenslotte zijn supercomputers zonder uitzondering belangrijk voor de technologie van een land in het algemeen en die van de bijbehorende strijdkrachten in het bijzonder. Vandaar dat diverse regeringen het construeren en gebruiken van deze machines steeds nauwlettend gevolgd en gestimuleerd hebben.

Onderzoekers zijn in staat gebleken om met supercomputers grensverleggend onderzoek te doen. Toch is het gebruik van ook de meest geavanceerde systemen altijd gepaard gegaan met opmerkingen dat eigenlijk een systeem dat tien keer zo snel rekt broodnodig was. We zullen verderop zien waarom en waar dat toe geleid heeft.

Waarom die snelheid?

De vraag wordt wel eens gesteld waarom al die berekeningen in één seconde gereed moeten zijn. Kan zo'n onderzoeker zijn PC niet een weekje aan laten staan?

Het antwoord is dat men dan bij de problemen die verderop aan de orde komen, niet aan dagen moet denken maar op zijn best aan jaren. Men heeft namelijk niet alleen te maken met grote aantallen berekeningen, maar ook met grote aantallen gegevens waarop die berekeningen uitgevoerd worden, wat uiteraard weer grote aantallen resultaten kan geven. De lezer stelle zich een voertuig voor dat niet alleen een racewagen is, maar ook een vrachtauto. Men kan dan met een personenwagen, als men er de tijd voor neemt, wel dezelfde afstand afleggen, maar als men dezelfde vracht



wil transporteren, kan dat niet of moet men ondoenlijk vaak heen-en-weer rijden. Zo is het ook met kleinere computers, ze zijn ten enen male ongeschikt om grote aantallen gegevens efficiënt te manipuleren.

Een ander punt is dat men grotere computers vrijwel altijd met anderen moet delen. Dit betekent bijvoorbeeld dat een taak die honderd uren kost vaak niet aan de beurt komt of, in stukjes uitgevoerd, pas na weken klaar is. Het feit dat zodoende sommig rekenwerk in de praktijk domweg niet gedaan kan worden, plus de tijdsdruk waaronder sommige onderzoeken staan, veroorzaakt mede de roep om snellere en grotere systemen. Het bovenstaande kan geïllustreerd worden aan de hand van de situatie in een belangrijk toepassingsgebied.

Meteorologie

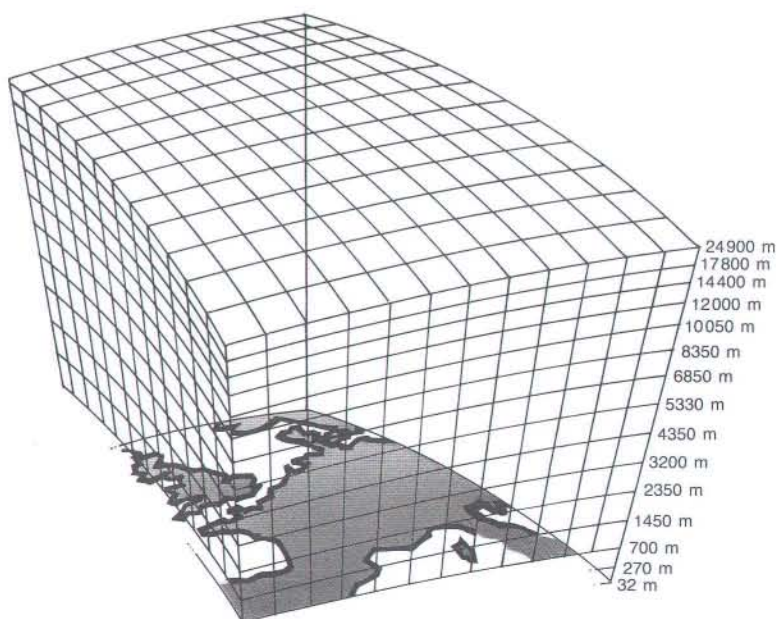
Het KNMI in De Bilt en de zusterinstelling in Ukkel maken gebruik van gegevens afkomstig van de supercomputers van het ECMWF in Reading (Engeland). Ook op diverse andere plaatsen in de wereld zijn supercomputers geïnstalleerd voor het opstellen van weersverwachtingen. De werkwijze komt erop neer dat er in een netwerk van meetpunten meteo-

rologische waarnemingen worden gedaan (zie fig. 1). Deze waarnemingen worden gebruikt in een wiskundig model (een getalsmatige simulatie van de atmosferische omstandigheden) waarmee de computer het weersverloop moet trachten te voorspellen. Het zal duidelijk zijn dat de uitkomsten snel, niemand wil een voorspelling van het weer van gisteren, beschikbaar moeten zijn. Ook zien we hier de andere vereiste van een supercomputer: het apparaat moet in staat zijn om met een enorme berg gegevens om te gaan.

Het maken van verfijnde verwachtingen is van groot, meer dan economisch, belang. De verwachting is echter niet beter dan het gebruikte model en dat is, vanwege de 'beperkte' rekencapaciteit, grof. Het kon daarom gebeuren dat op Hemelvaartsdag 1983 in korte tijd een storm opstak die min of meer tussen de meetpunten doorraasde en de pleziervaart op het IJsselmeer volkomen overviel. Zou men op Europees niveau tijdig tegen dit soort verschijnselen willen waarschuwen dan moet men bijvoorbeeld de tijd tussen de waarnemingen halveren. Men heeft dan wel een twee keer zo snelle computer nodig. De horizontale afstand tussen de meetpunten (gemiddeld 200 kilometer) kan ook gehalveerd worden, maar dat

Links: Voor de uitvinding van de chip en de transistor waren 'gewone' radiolampen een normaal onderdeel van grote rekenmachines, zoals te zien is aan deze ENIAC uit 1943. Uiteraard vallen dit soort apparaten in het niet bij de hedendaagse supercomputers.

Rechts: Fig. 1. Het vereenvoudigde observatienetwerk waarop het ECMWF haar weersvoorspellingen baseert. Men ziet de vijftien verticale niveaus. Horizontaal zijn de waarnemingsposten niet zo mooi verdeeld als op de tekening: te land zijn er meer dan op zee. Toch geeft het schema een indruk van de grofheid van het 'rooster' waarop de voorspelling gebaseerd is.



levert vier keer zoveel gegevens op. Voor sommige simulaties geeft dat dan zestien keer zoveel berekeningen.

Het zal duidelijk zijn dat weersinstituten voorop lopen bij het gebruik van supercomputers en voortdurend aandringen op nog snellere en grotere machines.

Schakelingen

De supercomputers moeten steeds verbeterd worden, vinden de gebruikers. Vroeger richtte de innovatie zich vooral op componenten: lampen werden vervangen door transistoren en die weer door geïntegreerde schakelingen. De technologie die zich aandient voor de jaren 1985 tot 1990 is het gebruik van moderne materialen als *galliumarsenide* (GaAs) en constructies als de *Josephson junction* (JJ). Voorlopig is echter het onderzoek hiernaar nog niet afgesloten en de produktierijpe mogelijkheden zijn verre van goedkoop.

Om de vitale delen van een computer sneller te maken kan men de draden tussen de onderdelen bekorten, want lange verbindingen (hoewel de signalen er doorheen gaan met de snelheid van het licht) geven vertragingen. Een remmende factor is echter dat de componenten

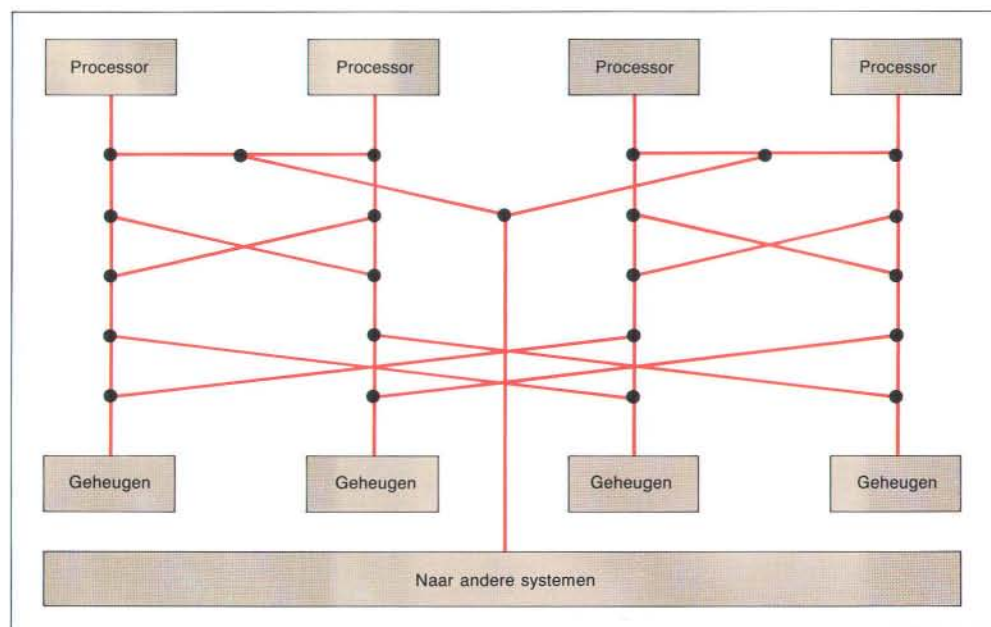
warmte afgeven en als ze te dicht opeen gepakt zijn, loopt de temperatuur in de machine te hoog op. Zo werd de lichtsnelheid een beperkende factor in computerontwerpen.

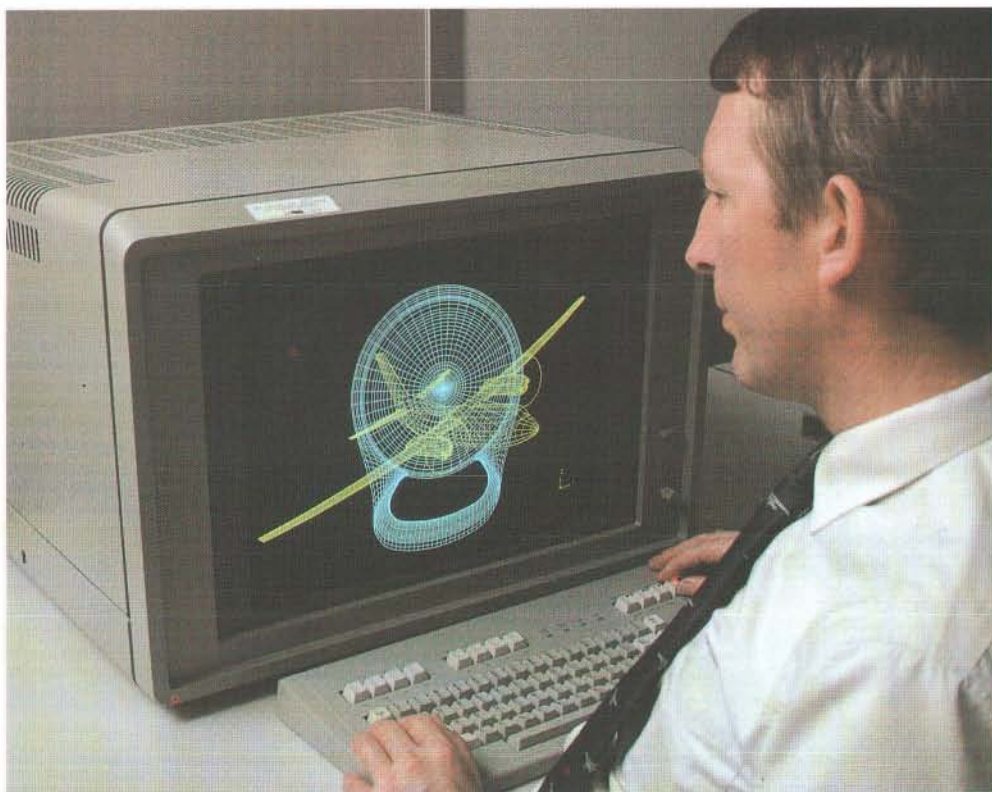
In supercomputers zijn, omwille van de snelheid, sommige onderdelen dicht opeen gepakt; de koelingsproblemen zijn dus groot. Bekend is de uitspraak van computerarchitect Seymour Cray dat hij geen supercomputerontwerper is, maar een koelingsingenieur. Tegenwoordig wordt de warmte afgevoerd via buizen met koelingsvloeistof (heat pipes). Sommige supercomputers die vanaf 1985 op de markt komen zullen als het ware een aquarium bevatten met daarin schakelingen, totaal ondergedompeld in een koelmiddel.

In de toekomst zullen deze problemen groter worden: sommige nieuwe schakelingen werken het best bij -196°C en JJ-schakelingen doen het alleen maar bij -269°C ; die moeten dus in een bad met respectievelijk vloeibaar stikstof en helium ondergedompeld worden.

Parallellisme

De goede prestaties van een computer kunnen ook te danken zijn aan de logica van de architectuur. Om meer snelheid te krijgen kan de

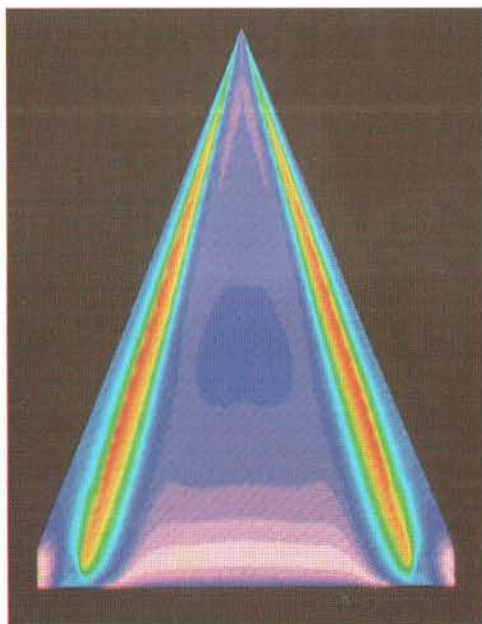




Links: Fig. 2. Schema van een HEP met vier processoren. Men lette op het ingewikkelde communicatiesysteem dat het mogelijk moet maken dat elke processor in een geheugen, behorende bij een andere processor, kan lezen of schrijven.

Boven: Ook het ontwerpen van de meest geschikte vorm van een vliegtuig is van de tekenafel naar het computerscherm verhuisd. Afgebeeld is een Fokker 50 met als detail daarvan een motorgondel.

Rechts: Voorafgaande aan de bouw van een prototype kunnen eigenschappen van een ontwerp gesimuleerd worden met een supercomputer. Op dit beeld is een op een Cray gemaakte simulatie te zien van de verdeling van de luchtdruk over een deltavleugel bij een supersonische snelheid.



Namen en begrippen

Chip Microschakeling, verkregen door schakeling en componenten op een dun schijfje kristal te etsen.

Distributed Array Processor (DAP) Een netwerk van gedeeltelijk onderling verbonden processortjes die in principe allemaal dezelfde bewerking (op verschillende gegevens) doen.

ECMWF European Centre for Medium range Weather Forecast, een meteorologisch instituut in Reading (GB), waar verschillende supercomputers opgesteld staan.

FGCS Fifth Generation Computer System, de naam van een Japans project om een geheel nieuw type computer te ontwikkelen.

Floating point operation Letterlijk: een bewerking op een getal met een drijvende komma; beter is: een berekening met een genormaliseerde tiendelige breuk.

GaAs Galliumarsenide, een materiaal dat bij

uitstek geschikt is voor de constructie van snelle schakelingen, mede wegens het geringe energiegebruik (warmteafgifte); de chips zijn verder op dezelfde principes gebaseerd als Si-elementen.

Heterogeneous Element Processor (HEP) Een multiprocessor waarin de verschillende processoren simultaan verschillende instructies kunnen uitvoeren.

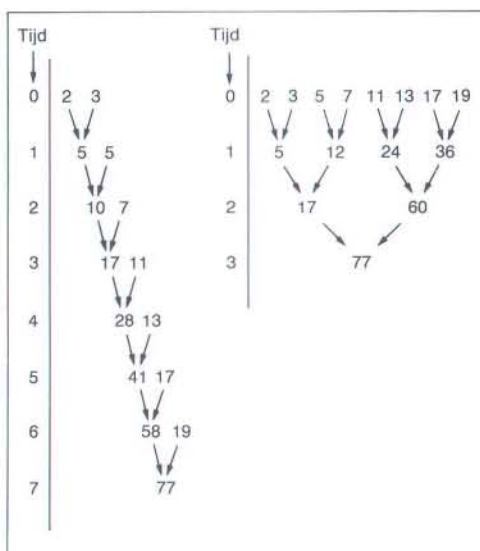
IBM compatible Een eigenschap, die aangeeft dat computers dezelfde randapparatuur en programmatuur kunnen gebruiken als de producten van IBM.

Josephson junction (JJ) Twee supergeleiders met daartussen een isolerend laagje. Door het, in 1962 door de Nobelprijswinnaar Josephson voorspelde, 'tunneleffect' loopt er toch stroom; deze junctie is geschikt voor elementen met extreem hoge schakelsnelheden (tot 100 keer sneller dan Si-elementen).

ontwerper domweg meer rekeneenheden (processoren) in één doosje stoppen. Die processoren mogen niet los van elkaar staan, anders zou er slechts sprake zijn van een stel gewone computers die onhandig dicht bij elkaar opgesteld zijn.

Als ze een geheel moeten vormen, moeten ze onderling kunnen communiceren, bijvoorbeeld om tussenresultaten door te kunnen geven. In theorie is het de mooiste constructie om iedere processor met alle andere te verbinden. Als een rekenklus op te splitsen is in onderling onafhankelijke onderdelen, kunnen de processoren er simultaan aan werken. Het werk zal dan eerder gereed zijn en er worden dus meer Mflop-s⁻¹ gehaald.

Op de huidige markt is eigenlijk maar één volledig parallel systeem verkrijgbaar, de HEP. Deze bestaat uit (ten hoogste 16) processoren plus enkele centrale voorzieningen voor in- en uitvoer, coördinatie en dergelijke (zie fig. 2). De architectuur was bij het verschijnen een echte vernieuwing, maar de voor de componenten gebruikte technologie is vrij traditioneel. Onder andere hierdoor kan deze computer geen 'super' genoemd worden, de opvolger wellicht wel.



Boven: Fig. 3. De voordelen van parallelisme. Links telt een processor acht getallen op; dit kost zeven (8 - 1) tijdseenheden. Rechts doen vier processoren (die alleen in de eerste slag alle vier werken) dezelfde opgave parallel; dit kost drie ($2 \log 8$) tijdseenheden.

Rechts: Fig. 4. De verbinding tussen de 64 processoren (genummerd 0 tot 63) van de Illiac IV. Elke processor is verbonden met de ernaast liggende. De processoren op de 'rand' van het array zijn ook verbonden.

Kloktijd Het tijdsverloop, waarop de handelingen van een processor gesynchroniseerd worden, er kan dus niets korter duren; in een vectorcomputer kan men de bewerkingen zo inrichten, dat er elke kloktijd een resultaat uit de pijp komt.

Mflop·s⁻¹ Million of floating point operations per second of een miljoen rekenbewerkingen per seconde.

Massive Parallel Processor (MPP) Een netwerk van processoren, voornamelijk voor toepassingen in de ruimtevaart geproduceerd door de Amerikaanse firma Goodyear.

Overhead 'Bedrijfskosten' van een computersysteem, dit bovenop de eigenlijke rekentijd.

Pijplijn Onderdeel van een vectorcomputer, waarin elementaire rekenkundige bewerkingen volgens het lopende-bandprincipe worden gedaan.

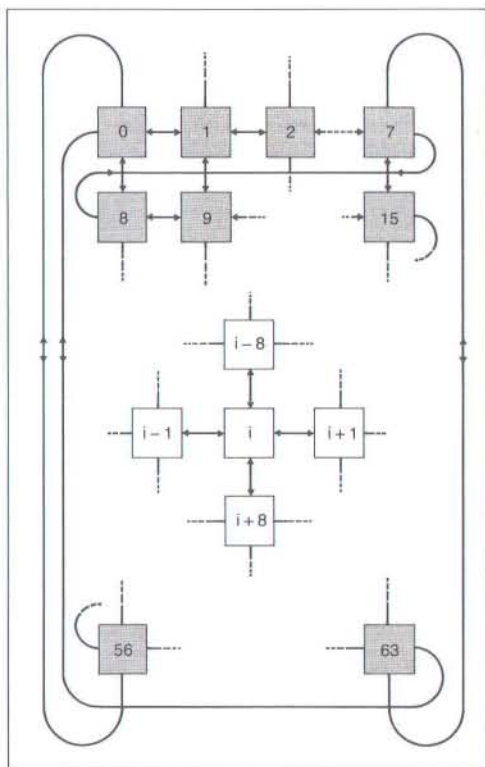
Processor array Een computer die bestaat uit een aantal regelmatig gerangschikte processoren; een processor is doorgaans slechts verbonden met een beperkt aantal 'buren'.

Silicium (Si) Een materiaal waaruit de huidige chips worden gefabriceerd; aangenomen wordt dat de Si-schakelingen ten hoogste 5 keer sneller gemaakt kunnen worden dan ze nu zijn. Daarna wordt het materiaal beperkend.

Supercomputer Meest geavanceerde getallenkraker met veel geheugencapaciteit; merk op dat volgens deze definitie er altijd een super geweest moet zijn.

Vector Een rij na elkaar in het geheugen staande getallen. (In de wiskunde is een vector een grootheid die behalve een waarde ook een richting heeft; dat is dus iets anders).

Vectorcomputer Een computer die gepijplijnd is en dus snel met vectoren kan werken.



Het probleem bij zo'n concept is dat het aantal onderlinge verbindingen (en daarmee de extra tijd die nodig is voor coördinatie en synchronisatie, de zogenaamde *overhead*) evenredig met het kwadraat van het aantal processoren toeneemt. In de praktijk kan dat zoveel tijd opsouperen, dat het toevoegen van nog meer processoren aan een systeem de prestatie van het geheel doet kelderen. De omslag ligt meestal ergens in de buurt van twintig.

Handiger is het om de processoren te rangschikken als de ruitjes op ruitjespapier, iedere processor is dan slechts verbonden met een beperkt aantal 'buren'. Een dergelijke rangschikking heet een *array*; zo'n systeem heet daarom een *processor array*. Om een processor array beter beheersbaar te maken, accepteren we dat het niet mogelijk is om (bijvoorbeeld) de ene processor te laten optellen en zijn buur te laten vermenigvuldigen; ze zijn alle 'gelijkgeschakeld' (zie fig. 3). De eerste supercomputer die ook zo genoemd werd, de Illiac IV, was een 8x8 rechthoek van 64 processoren (zie fig. 4). Tegenwoordig zien we in die lijn de DAP met 64x64 en de MMP met 128x128 processoren. Deze architectuur sluit soms wonderwel aan bij sommige oplossingsmethoden.

Men heeft namelijk niet altijd een toepasbare theorie voor een globaal natuurkundig verschijnsel. Noodgedwongen verdeelt men dan het gebied, waarop dat verschijnsel speelt, in hokjes. Daarna berekent men, via vaak grove benaderingen, voor elk hokje de lokale toestand en de invloed van de naburige hokjes daarop. Zo kan men zich bij de eerder genoemde weersvoorspellingen een processor array voorstellen. Een bepaalde processor rekent de weerssituatie in een bepaald meetpunt door, aan de hand van de invloed die de omgeving erop uitoefent. Die omgeving wordt weer behandeld door de buurprocessoren, enz.

Ook hier is de theorie meestal mooier dan de praktijk. Soms is de prestatie van zo'n computersysteem verbluffend, maar als het probleem niet precies 'past' op de architectuur blijkt het apparaat ronduit onhandelbaar.

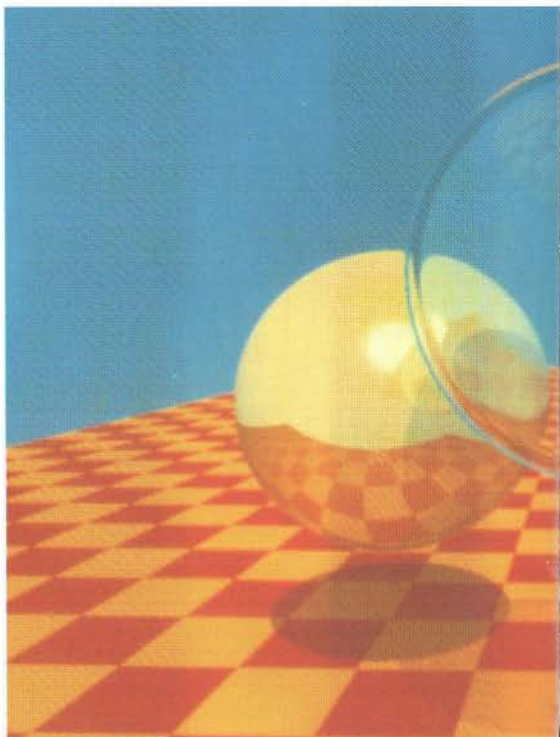
Hoewel parallellisme dus theoretisch de oplossing lijkt voor de toenemende vraag naar rekencapaciteit, zijn de problemen nog te groot om meteen de oplossing te bieden.

Vectorcomputers

Praktisch, en bijgevolg ook commercieel, succes is vandaag de dag vooral weggelegd voor de zogenaamde *vectorcomputers* met 'gepijlijnde' processor(en). Hierin worden de elementaire bewerkingen uitgevoerd via een lopende-bandprincipe. Net als bij de fabricage van automobielen worden deelbewerkingen overlappend uitgevoerd. Zo kan er elke minuut een auto (het resultaat) van de band (de pijplijn) rijden, terwijl het monteren (de berekening) van één exemplaar wel een hele dag kan kosten.

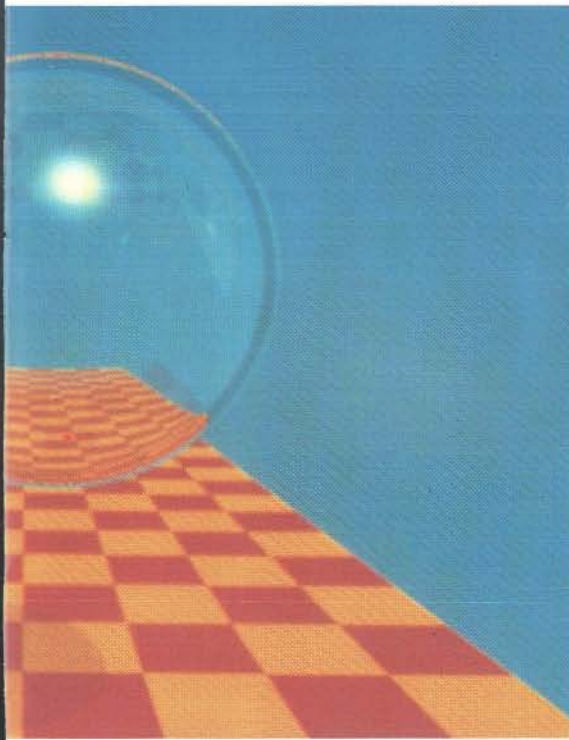
Net als in het fabricagevoorbeeld werkt de pijplijn alleen maar effectief als er fikse hoeveelheden van hetzelfde bereid moeten worden. Men kan daarom het beste profiteren van een computer met een dergelijke processor als er dezelfde bewerkingen op veel getallen gedaan moeten worden. Die getallen moeten dan ook nog achter elkaar en zonder haperingen aan de processor aangeboden kunnen worden, bijvoorbeeld doordat ze al op een rij opeenvolgende plaatsen in het geheugen klaar staan. Zo'n rij heet een *vector*; vandaar de naam van dit type computer.

Men moet dus het rekenprogramma zo inrichten dat de bewerkingen op vectoren gebeu-



ren kunnen. Als de berekeningen echter eenmalig zijn of in ieder geval niet op vectoren van voldoende lengte, moet het werk 'gewoon' gebeuren. Dit wordt noodgedwongen gedaan zoals het in de meeste computers gebeurt: door een processor die eerst één bewerking helemaal afmaakt en dan pas aan de volgende begint. In een vectorcomputer wordt dit type reken-eenheid ter onderscheiding van de lopende-bandprocessor, de scalaire processor genoemd. Deze laatste is vaak veel langzamer en daardoor de flessehals. Men moet soms een onwaarschijnlijk groot gedeelte van het programma kunnen 'vectoriseren', wil men het prestatieverlagende effect van een langzame scalaire processor neutraliseren.

Het succes van de huidige vectorcomputers is daarom, paradoxaal genoeg, mede te danken aan de moeite die er gedaan is om de scalaire processor snel te maken. Zo ontstonden systemen die rekenwerk van gevarieerde aard snel konden doen. Zo snel dat onderzoekers in staat bleken om daarmee het aangezicht van de wetenschap te veranderen.



Links: Een van de meest tot de verbeelding sprekende toepassingen van supercomputers is het ontwerpen van 'reële' beelden voor films, of gewoon om de fantasie te prikkelen. De beelden bestaan in feite uit een hele serie getallen in het geheugen van de computer.

Onder: Koeling is een van de grootste problemen bij de architectuur van een hedendaagse supercomputer. Men is er daarom o.a. toe over gegaan schakelingen onder te dompelen in een inerte koelvloeistof, zoals hier met een onderdeel van een Cray-2 computer. Als koelvloeistof wordt een chloor-fluorcarbon gebruikt. Een soortgelijke vloeistof vindt wel toepassing als kunstbloed.



Amerikaanse en Japanse vectorcomputers

Seymour Cray was gedurende vele jaren de hoofdarchitect van de firma Control Data (CDC). Hij stichtte in 1972 zijn eigen onderneming, Cray Research. In vier jaar werd daar een vectorcomputer met een snelle scalaire rekeneenheid en veel geheugen, de Cray-1, afgeleverd. De machine had een *kloktijd* van 12,5 nanoseconden ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$), dat wil zeggen dat elke 12,5 ns er een resultaat uit de pijp kan komen. Er zijn er ongeveer zeventig verkocht; in de Benelux staat er een bij een Shell-laboratorium in Rijswijk. Intussen is de Cray-1 opgevolgd door de Cray X-MP. Dat is eigenlijk een zelfde opmerkelijk gevormde kast met een, twee of vier snelle Cray-1's erin (de kloktijd is 9,5 ns).

CDC had in 1964 al eens een vectorcomputer ontwikkeld; na ingrijpende vernieuwingen werd de machine omgedoopt tot Cyber 205. Er zijn er ongeveer vijftientig verkocht. Bij het rekencentrum van de Amsterdamse universiteiten staat er een, het was de tweede en tot

nog toe laatste supercomputer in de Benelux. Een afsplitsing van CDC, Eta Systems, zal de opvolger voor de 205 ontwikkelen, die zal bestaan uit acht processoren met elk een kloktijd van 5 ns.

Uit het bovenstaande is een algemene trend te halen, die ook voor andere fabrikanten geldt. In de toekomst zullen er supercomputers zijn, die bestaan uit een klein aantal vectorcomputers in één systeem.

Twee Japanse firma's, Fujitsu en Hitachi verkopen *IBM-compatible* supercomputers. De ontwerpers hebben getracht de voordelen van Cray- en CDC-produkten te combineren. NEC (Nippon Electronic) is, hoewel later op de markt gekomen, zeker niet de minste. De voor dit jaar aangekondigde SX-2 zal verreweg de beste en snelste ter wereld zijn.

Vijfde generatie

Er is nog een vierde Japanse supercomputer in de maak. Het Japanse ministerie van handel en industrie (MITI) heeft namelijk een ambi-

tieus tienjarenplan lopen om Japan in de wereld een leidende positie (voor wat computers betreft) te geven. Dit project staat algemeen bekend als het vijfde-generatieproject. Onderdeel daarvan is het ontwikkelen van een supercomputer. Een vijfde-generatiecomputer is een apparaat met veel kunstmatige intelligentie, dat in de combinatie mens-machine superieur moet kunnen opereren. Als zodanig is een supercomputer, bedoeld als getallenkraker en vaak mensonvriendelijk in het gebruik, iets heel anders. De Japanners hopen dat de ontwikkeling van de een die van de ander zal bevorderen, ongeveer zoals de ontwerpers van personenauto's profiteren kunnen van de ervaring, opgedaan met formule-1-wagens.

Olie- en gaswinning

We zullen nu verder ingaan op het gebruik van vectorcomputers, eerst die in Rijswijk. Een belangrijke toepassing van de Cray-1 die daar staat, is reservoirsimulatie.

Een oliereservoir is een olie en gas bevattende poreuze rotsformatie, die naar boven toe afgeschermd wordt door een ondoordringbare gesteentelaag. Als er door die laag een put naar het reservoir wordt geboord, komt de olie (soms) 'vanzelf' naar buiten. Na enige tijd zal de druk in het reservoir echter verminderen en moeten andere, bewerkelijke, winningstechnieken als water- of gasinjectie worden toegepast.



De Japanse ontwikkelingen hebben veel opschudding veroorzaakt in de Verenigde Staten (West-Europa speelt in deze nauwelijks mee en het Oostblok doet er het zwijgen toe). Het idee dat men voor het werken op de beste computers bij een ander aan zou moeten kloppen (en mogelijk nul op request zou krijgen) deed daar de, militaire, haren te berge rijzen. Sindsdien zijn er vele researchplannen ontwikkeld en regering en congres bieden tegen elkaar op om die van fondsen te voorzien. Deze research is soms geheim en soms erg specialistisch; in ieder geval is het nog te vroeg om de resultaten te voorspellen.

Allereerst worden de vorm en het karakter van een olieveld met seismische middelen ongeveer vastgesteld. De vraag is dan hoeveel putten er waar geslagen moeten worden teneinde zoveel mogelijk olie te produceren. Daartoe worden alternatieve winningsplannen voor een olieveld vergeleken.

Het is onbegonnen werk om fundamentele wetten van de fysica toe te passen op de stroming van olie en gas door de gesteenten. Daartoe zou men om te beginnen de vorm van de poriën moeten weten. Deze kan natuurlijk nooit bepaald worden. In plaats daarvan gebruikt men een getalsmatige benadering.

Het reservoir wordt in blokken opgedeeld. In een eenvoudig model wordt er voor de per blok aanwezige fasen (gas, olie of water) gerekend met de klassieke wetten voor druk, temperatuur en volume. Bovendien wordt er geschat hoeveel er, afhankelijk van de drukverschillen, van het ene blok naar het andere (en door een put naar buiten) zal stromen.

Indien een ontwikkelingsplan voor een veld met honderd of meer putten en een complexe structuur via een simulatie moet worden geëvalueerd, dan zijn er vele uren Cray-tijd nodig. De Cray blijkt dus snel genoeg om enige alternatieven af te kunnen wegen.

Simulaties van meer complexe processen, zoals stoominjectie, brengen meer te bereke-

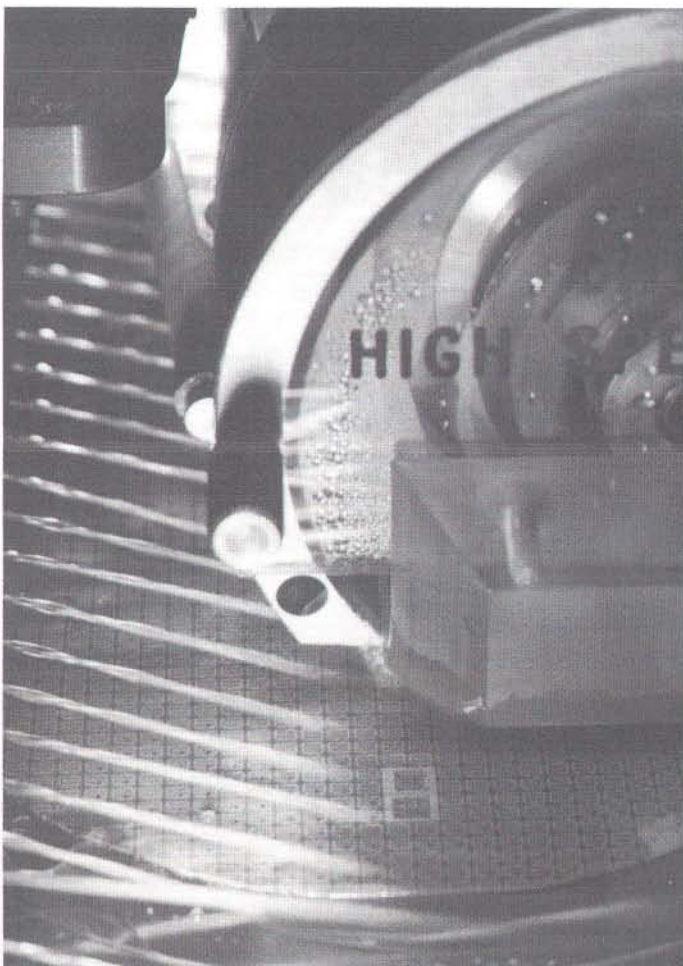
nen grootheden per blok met zich mee. Bovendien zijn de fysische processen die zich daarbij afspelen meer lokaal van aard en vragen dus om aanzienlijk kleinere blokken. Dit vergt dan weer onevenredig veel meer rekentijd. Simulaties van dit type kunnen daarom, zelfs met een vectorcomputer, slechts op relatief kleine schaal worden gedaan.

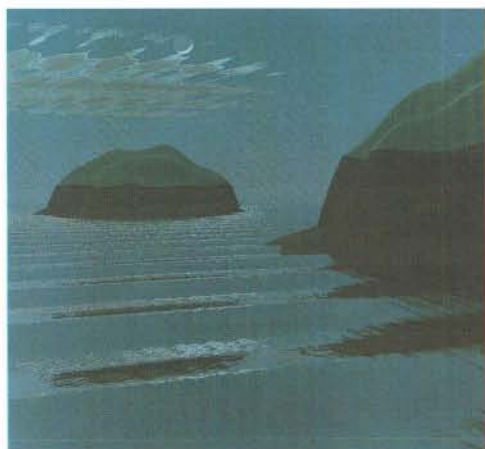
Hollywood

De olie-industrie is voor supercomputers een oudgediende, een nieuwkomer is de amusementsindustrie. Vroeger werden sommige filmbeelden al door computers op celluloid gezet, maar die toepassing was zeer incidenteel.

Links: Een blik op het glimmende uiterlijk van de in Amsterdam geplaatste Cyber.

Rechts: De chips voor een supercomputer worden en masse gemaakt op grote wafers. Met een speciale zaag worden ze dan uitgezaagd. Stralen geïoniseerd water spoelen niet alleen het 'zaagsel' weg, maar zorgen ook voor koeling.





Dat was geen wonder: de produktiesnelheid voor hoge beeldkwaliteit met middelmaat computers lag op twee minuten film per jaar.

Anders werd het toen een firma in Los Angeles een Cray-1 aanschafte. De Cray werd verbonden met een filmrecorder en men slaagde erin om vijf minuten film voor de Disney-rolprent 'Tron' te fabriceren. De beelden met een resolutie van 2300 x 3000 'punten' waren, technisch gezien net iets beter dan die van een optische camera.

Om een stukje film te maken werden de afmetingen van de te scheppen voorwerpen in het geheugen opgeslagen. Vervolgens werden gezichtshoek, afstand en dergelijke toegevoegd. Als blijkt dat de (ver)plaatsing van een vorm in de opeenvolgende beelden van een scene in orde is, wordt de vorm voorzien van kleur, textuur en lichtval. Het resultaat is dat op de film het voltooide voorwerp er 'echt' uitziet, hoewel het alleen maar in het geheugen bestaat.

De Cray-1 kan één redelijk gecompliceerd beeldje per 100 seconden maken, wat neerkomt op een produktie van vier minuten film per maand: een lachertje in filmland.

Om de produktie te versnellen werd in november 1983 een Cray X-MP aangeschaft. Hiervoor werd 12,6 miljoen dollar neergeteld, niet veel vergeleken bij de kosten van sommige filmprodukties. Het eerste resultaat kwam medio 1984 met 25 minuten film voor 'The Last Starfighter', een moderne versie van de Arthurlegenden.

Het einde is nog niet in zicht. Kort geleden kwam '2010' uit, de opvolger van '2001: A Space Odyssey'. In deze en volgende films wordt niet alleen met harde oppervlakten, maar ook met 'zachte' voorwerpen, zoals bloemen en grasvelden, gewerkt.

Verdere toepassingen

Twee uiteenlopende industrietakken, olie en amusement, vragen dus meer rekencapaciteit. Ze zijn niet de enige.

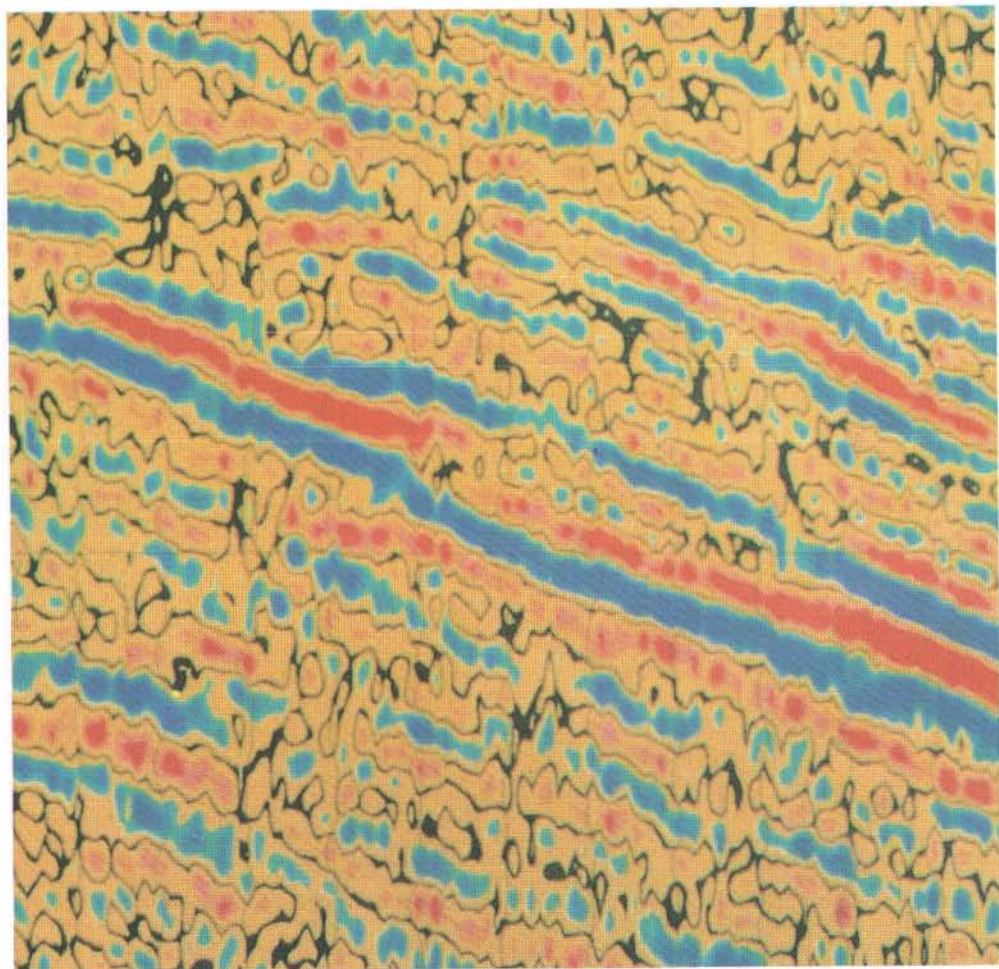
Vandaag aan de dag worden vliegtuigen nog in onderdelen ontworpen. De luchtstroom langs de vleugels, de staart, het landingsgestel enz., wordt, ten koste van veel supercomputer-tijd, bekeken. De ingenieurs maken van de stukken een vliegtuig en de testpiloot bekijkt hoe goed alles bij elkaar past. De eerste fabrikant die een vliegtuig kan maken dat als één geheel ontworpen is, kan dan ongetwijfeld toestellen produceren die een superieure prestatie kunnen leveren. Maar er zou een 100 keer snellere computer voor nodig zijn.

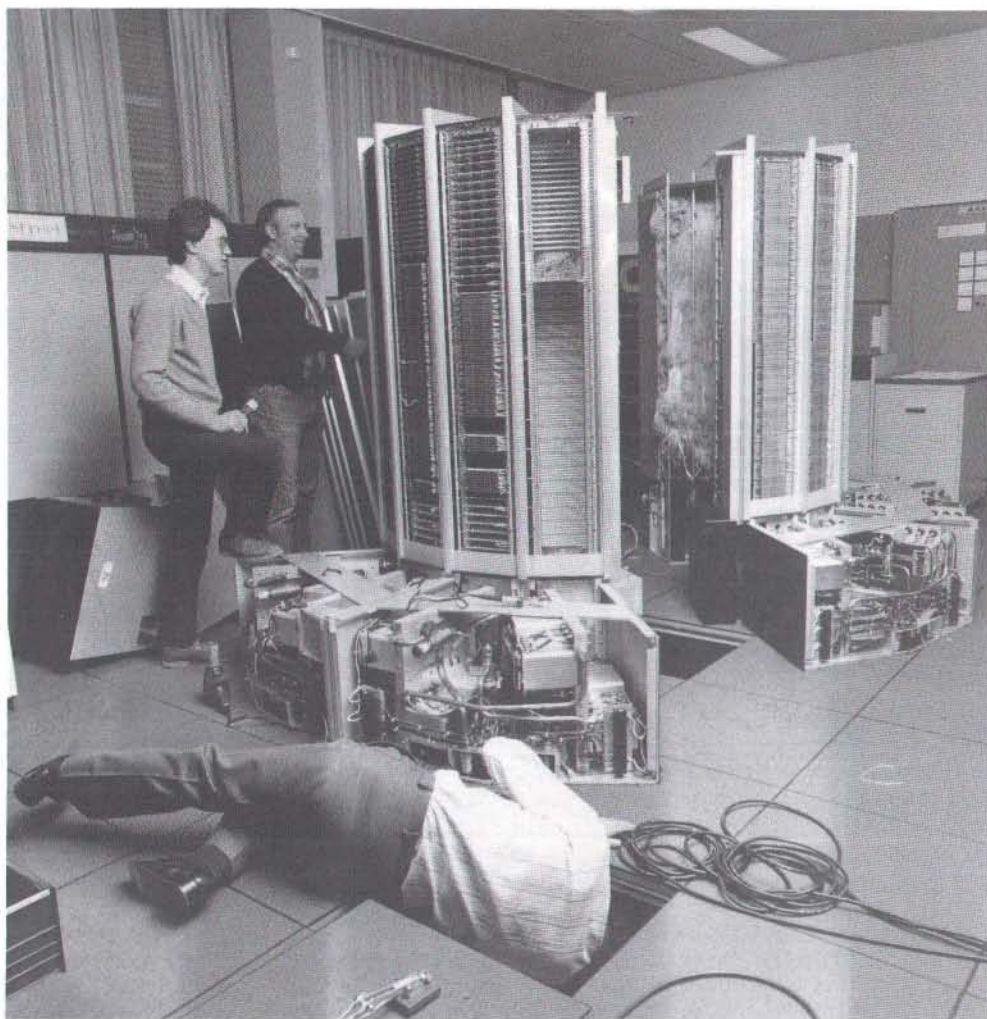
Zelfs simpele virussen bestaan uit enorme complexe molekulen. Met de huidige supercomputers kan men daarvan de structuur ont-rakelen. Een volgende stap is dat men in de computer kan simuleren hoe virussen reageren op verschillende stoffen. Dit met de bedoeling om een effectief geneesmiddel te ontwerpen. Hiervoor heeft de farmaceutische industrie minstens 10 maal meer rekencapaciteit nodig dan nu beschikbaar is.



Links: Nog een voorbeeld van 'computer-graphics'. Nelson Max maakte het ontwerp voor 'Carla's Island' aan de hand van een schilderij. Hij slaagde erin het programma zo te ontwerpen dat dag, nacht en schemering gesimuleerd konden worden. Het programma biedt ook de mogelijkheid om bijvoorbeeld een zwaar wolkende te laten overtrekken.

Onder: Supercomputers worden veel gebruikt bij het zoeken naar mogelijke voorraden aardolie en aardgas. Op dit computerscherm is het resultaat te zien van de verwerking van een groot aantal seismische gegevens. Elke kleur staat voor een laag met bepaalde dichtheid. Op grond van een dergelijk beeld kan de waarschijnlijkheid van een olie- of gasreservoir bepaald worden.





Computers worden nu al gebruikt om elektronische componenten en hun samenstellingen te ontwerpen. De supercomputer is al een vitaal instrument om andere supers mee te ontwerpen. Om een voorbeeld te geven: op het rekencentrum van Eta werkt minstens één Cyber 205 dag en nacht mee aan het ontwerpen van zijn opvolger.

Alle chipontwerpen zijn echter twee-dimensionaal. Veel betere en goedkopere elektronica is denkbaar via drie-dimensionale concepten. In het vijfde-generatieproject is ook een onderzoek naar drie-dimensionale chips opgenomen. Om die geheel met de computer te

kunnen ontwerpen heeft men echter zo formidabel veel meer computercapaciteit nodig, dat er nog geen voorspelling te geven is, wanneer dat mogelijk zal zijn.

De analyse en het ontwerp van kernwapens vraagt heel veel rekentijd en toch werken dan nog steeds met drastische simplificaties. Veel van deze zaken zijn geheim. Wat niet geheim is, en zelfs opvallend, is dat de eerste leveranties van een nieuw model supercomputer, als het niet aan de NASA is, aan de Amerikaanse kernwapenlaboratoria (Los Alamos of Lawrence Livermore) worden gedaan.

Supercomputers in de Benelux

Links: Onder de vloer van de ruimte waar Shell zijn Cray heeft staan bevindt zich het bij dit soort computers noodzakelijke koelsysteem.

Onder: De Cray-1, zoals die er bij normaal gebruik uitziet. Duidelijk is waarom deze computer de bijnaam 'the world's most expensive love-seat' draagt.



In de lage landen hebben de bewindslieden met onderwijs, wetenschap of economie in de portefeuille zich terdege in laten lichten over de wenselijkheid van (het gebruik van) supercomputers. Zoiets gaat volgens goed ambtelijk gebruik via het instellen van een werkgroep. Zowel de Belgische als de Nederlandse werkgroep gaven enkele geselecteerde onderzoekers de gelegenheid om op een of andere supercomputer 'proef te draaien'. Aan de hand van die bevindingen werden adviezen opgesteld.

De beleidsmakers (en geldgevers!) reageerden zeer gunstig op die adviezen. In beide landen zullen vooral chemici en fysici extra bedragen krijgen om onderzoeken te doen met hulp van een computer. De grootste behoefte aan supercomputercapaciteit bestaat voor militaire toepassingen, reactoronderzoek, weersvoorspelling, stromingsleer, sterkteleer, oliewinning, computer gestuurd ontwerpen en fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. In Nederland ligt dat relatief eenvoudig: er staan er twee in dit land, waarvan een bij een overheidsinstelling, het gezamenlijke rekencentrum van de Amsterdamse universiteiten. De Belgische onderzoekers krijgen geld en faciliteiten om elders (bijvoorbeeld in West-Duitsland) te rekenen.

De verwachting is dat in de jaren negentig er vijf tot tien supercomputers in de Benelux zullen staan. Supercomputers volgens de huidige norm wel te verstaan. Tegen die tijd zullen dat geen supers meer zijn, want ze zullen dan overvleugeld zijn door hun opvolgers.

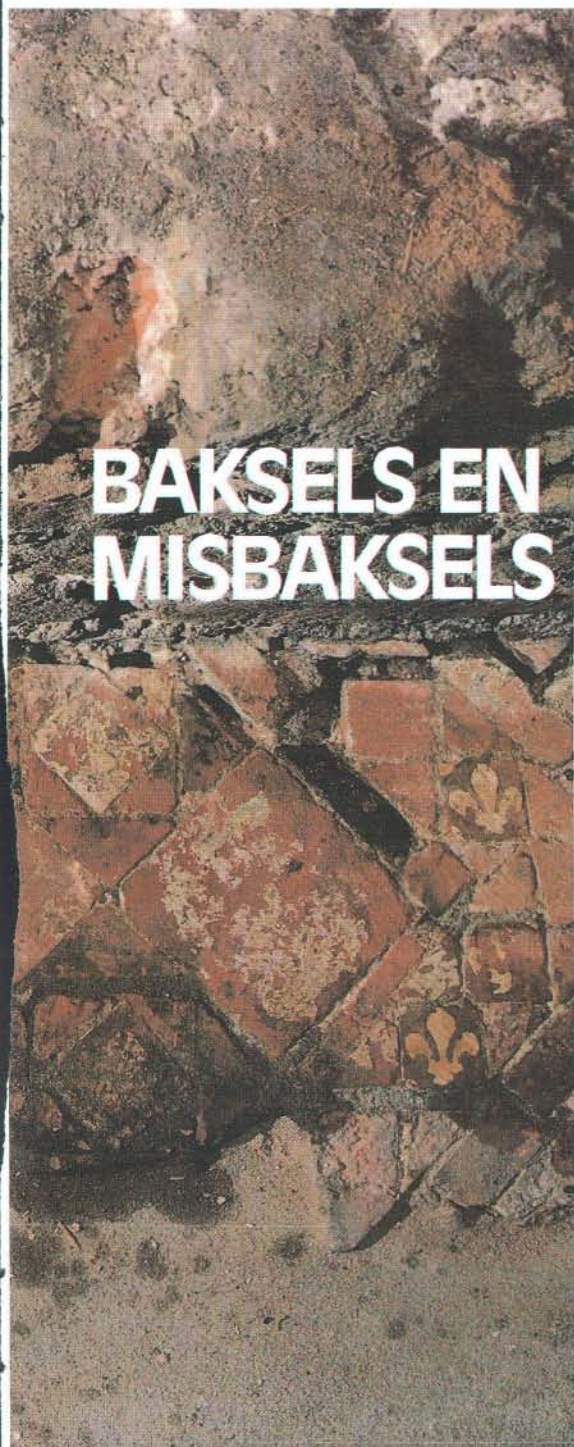
Literatuur

- De Informatiemaatschappij - De gevolgen van de micro-elektronische revolutie*, (1983). Natuur en Techniek, Maastricht/Brussel. ISBN 90 70157 35 7.
- Tohru Moto-Oka, (1984). *Computers voor de jaren negentig. - Wordt de knecht compagnon?* Natuur en Techniek 52, 2, pag. 122-141. Cat. nr. 84023.
- Werkgroep supercomputers, (1984). *Wie het grote niet eert...* Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

Bronvermelding illustraties

- Shell-foto, 's-Gravenhage: pag. 346-347, 360, 361.
- Bell-labs: pag. 346-347, 354-355.
- Smithsonian Institution, Washington, D.C.: Pag. 348.
- La Recherche, Parijs: pag. 349.
- Cray Research, Minneapolis: pag. 351 (onder), 355, 357.
- Fokker, Amsterdam: pag. 351 (boven).
- Gerhard Jaeger, Amsterdam: pag. 356.
- Nelson Max, Lawrence Livermore National Laboratories: pag. 358-359.
- Prakla Seismos GmbH, Hannover: pag. 359 (onder).





BAKSELS EN MISBAKSELS

H.L. de Groot
T.J. Hoekstra
*Stadsarcheologen
Utrecht*

Resten van een middeleeuws industriegebied

In 1984 zijn bij opgravingen in de Bemuurde Weerd te Utrecht de resten van vijf ovens gevonden: drie voor de vervaardiging van vloertegels en daktegels, en twee pottenbakkersovens. Te samen met andere vondsten, die daar gedaan zijn, vormen zij de overblijfselen van een industriegebied uit de 14e eeuw. Opvallend zijn daarbij de vele misbaksels.

In de 13e eeuw en eerder lijkt de aardewerkproductie in de Noordelijke Nederlanden nog kleinschalig van opzet te zijn. Vanaf de 14e eeuw komt een meer industriële aanpak voor. De aardewerkproductie in de Bemuurde Weerd is tot nu toe het oudste voorbeeld daarvan.

Deze mozaïekvloer ligt in de Domkerk te Utrecht. De kleine tegeltjes met één lilië erop zijn ook als misbaksels op het opgravingsterrein gevonden, maar dan nog als onderdelen van een in zestien ingesneden tegel van 17 bij 17 cm. Op de grote tegel met tinglazuur is een mannenhoofd geschilderd, op het kleine tegeltje een klimmende leeuw. Daar de vloer meer dan een eeuw dienst heeft gedaan, is hij sterk gesleten.

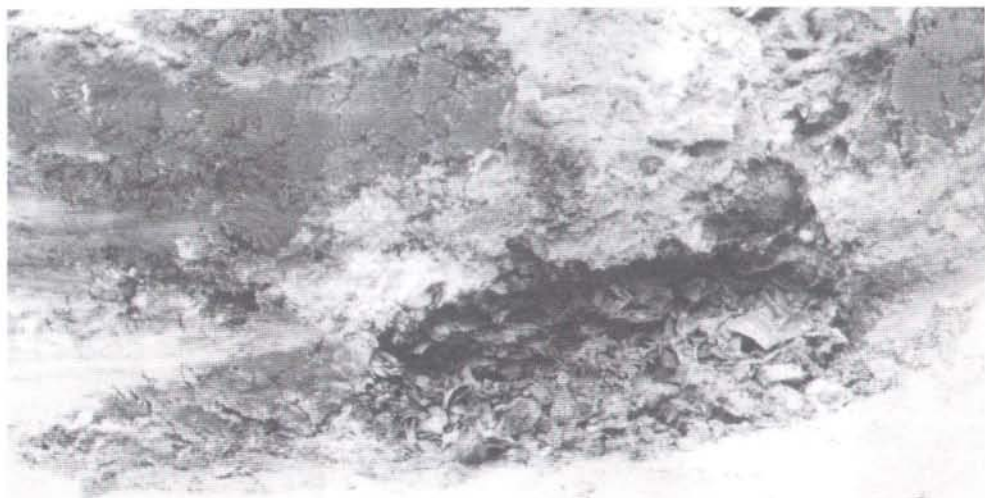
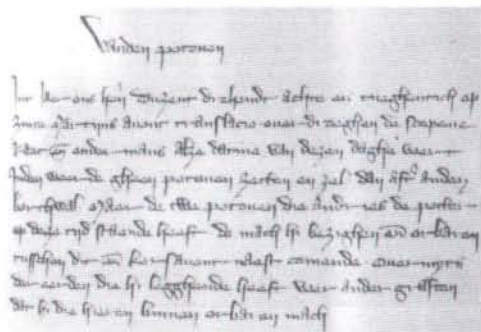
Plaats en historie

Tijdens de opgraving, die van 21 mei tot 17 augustus 1984 duurde, zijn ongeveer 25000 fragmenten en een flink aantal complete misbaksels geborgen. Van deze berg is nog slechts een klein deel schoongemaakt, in elkaar gezet en beschreven. Op basis van deze eerste waarnemingen aan een gedeelte van het materiaal is dit artikel geschreven, waarbij we al enkele voorzichtige conclusies getrokken hebben.

Het Utrechtse keramische industriegebied lag in het zuidwesten van de Bemuurde Weerd. Dit was een in de 14e eeuw ontstane 'voorstad' van Utrecht, direct ten noorden daarvan, in een gebied dat de Weerd heette. Rond een deel van deze Weerd heeft men in de eerste helft

van de 14e eeuw een muur gezet en een gracht gegraven, vandaar de naam. De Bemuurde Weerd is ontstaan aan weerszijden van een gracht waarmee een meander van de rivier de Vecht werd afgesneden (een kaart en een luchtfoto van het gebied staan op pag. 366 en 367). In het midden van onze eeuw is de westelijke gracht gedempt; de oostelijke en de noordelijke bestaan nog. De ommuring is in de eerste helft van de 19e eeuw gesloopt.

Uit de schaarse geschreven bronnen is bekend dat in de Bemuurde Weerd in de 14e eeuw pottenbakkers gewoond hebben. In 1332 wordt een zekere Peter, genaamd Potter (*Petrus dictus Potter*) vermeld, die in het westelijke deel van de Bemuurde Weerd grond in erfpacht krijgt. In 1338 komt Hendrik, genaamd Potter (*Henricus dictus Potter*) voor, die de erfpacht verwerft over een perceel in het uiterste zuidwesten. Zijn terrein ligt in ieder geval buiten het in 1984 opgegraven gebied, zodat de omvang van het industriegebied groter was dan het door ons opgegraven deel van de Bemuurde Weerd. Als we daarbij ook nog de vondsten voegen van misbaksels van aardewerk, van vloer- en daktegels die in 1978 ten noorden van de opgraving gedaan zijn, dan komt het hele zuidwestelijke deel van de Bemuurde Weerd als productiecentrum van aardewerk in aanmerking: een oppervlakte van ongeveer twee hectaren.



Links: Het besluit van Schepenen, Raad en Oudermannen van de stad Utrecht, waarbij de pottenbakkers aangezegd zal worden dat zij de Bemuurde Weerd moeten verlaten. De tekst luidt als volgt: "Van den potoven. Int jaer ons heren duzent driehondert achte ende tneghentich op Zinte Martijns avont trans-lacio (= 30 november) overdroeghen (= be-sluten) de scepene, raet ende oudermans alze datmen van dezen daghe voert inden weerde gheen potoven zetten en zel dan af-ter an den borchwal. Maer de twee potoven die Andries de potter op deze tijd staende heeft, de (= die) mach hi bezighen ende orbaren (= gebruiken) tusschen dit (= nu) ende Kors-avont (= Kerstmis) naest comende. Overmijts (= wegens) der eerden die hi legghende heeft voer ander graften (= vóór aan de gracht), dat hi die hierbinnen (= binnen deze tijd) orbaren mach."

Linksonder: In deze afvalkuil liggen misbak-sels van kogelpotten. Deze kuil, die een in-houd van ca. 1 m³ had, bevatte de resten van 630 kogelpotten.

Rechts: Een selectie van de produkten van de pottenbakkers en de vloertegelbakkers die in de 14e eeuw in de Bemuurde Weerd werkten.

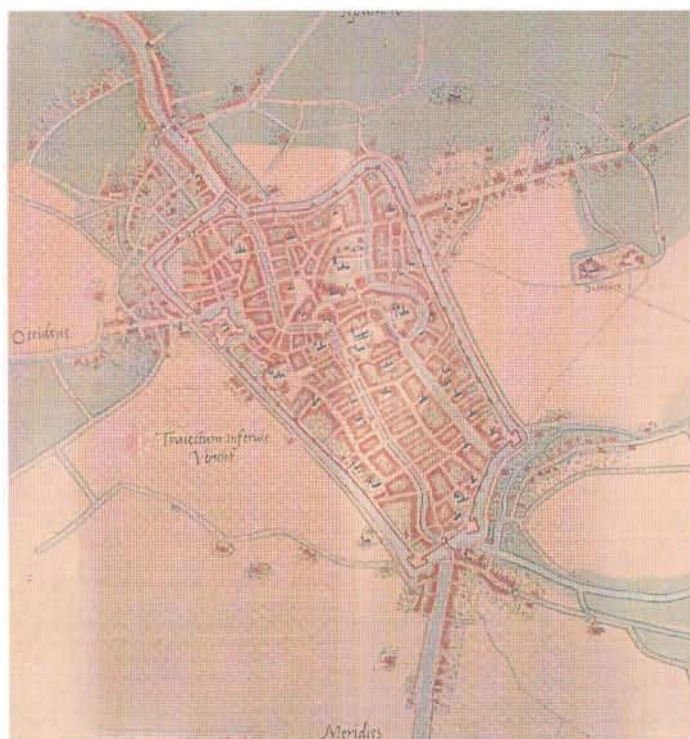


Aan deze aardewerkindustrie komt een ein-de in 1398 als het Utrechtse stadsbestuur alle pottenbakkers gelast met hun bedrijf uit de Bemuurde Weerd te verdwijnen. Op grond van gegevens uit verschillende andere steden weten we dat industrieën die brandgevaarlijk of sterk vervuilend waren, zoveel mogelijk naar de rand van de stad en zelfs daar buiten werden verwezen. Onze pottenbakkers vormden daar-op geen uitzondering. We nemen aan dat de Bemuurde Weerd in zijn beginperiode nog maar spaarzaam bebouwd is geweest. Toe-nemende bebouwing in de loop van de 14e eeuw zal de reden geweest zijn waarom de brandgevaarlijke pottenbakkerij daar verdwij-nen moest.

De aardewerkindustrie vestigde zich niet al-leen in de Bemuurde Weerd omdat die niet (meer) in de stad geduld werd, maar ook om-

dat de Vecht daar grote hoeveelheden goed bruikbare klei had afgezet: grondstof was dus in ruime mate beschikbaar. Ook de nabijheid van bevaarbaar water was een gunstig feit: de breekbare produkten konden immers veiliger over water dan over de dikwijls ongeplaveide wegen worden vervoerd. Bovendien kon het hout waarmee de ovens gestookt werden ge-makkelijker en goedkoper over water aan-gevoerd worden.

Van drie van de vijf ovens is slechts een deel van de vloer bewaard gebleven, zodat alleen een plattegrond kon worden getekend. De twee andere (één voor het bakken van potten, de andere voor vloer- en daktegels) waren min-der grondig gesloopt. Zij kunnen dan ook re-delijk betrouwbaar gereconstrueerd worden. Daarom zullen wij ons hier tot deze twee ovens beperken.



Verder hebben we in een groot aantal afvalkuilen duizenden misbaksels en een paar klompen voorbewerkte klei gevonden. De putten waaruit die klei werd gedolven, hebben we ook op het terrein gevonden. Na bestudering van al het materiaal en van alle gegevens denken we een goed beeld van deze industrie te hebben.

Datering

Hoe lang vóór de vermelding van Petrus de Potter in 1332 de nu gevonden aardewerk-industrie in de Bemuurde Weerd is begonnen, weten we niet. Er zijn geen voorwerpen gevonden die een absolute datum verschaffen, zoals bijvoorbeeld munten. De C14-methode is voor een zo betrekkelijk recente periode te onnauwkeurig. Dan blijft alleen de typologische methode over: het dateren door middel van gelijksoortige vondsten die wél een datering hebben. Een paar uit Siegburg bij Keulen afkomstige kannetjes, die in de misbakselkuilen gevonden zijn en waarvan de ouderdom uit andere opgravingen goed bekend is, dateren uit

Linksboven: Op deze plattegrond van Utrecht door Jacob van Deventer (ca. 1570) is het min of meer rechthoekig omgrachte deel in het noorden de Bemuurde Weerd. Ten westen daarvan is de loop van de afgesneden bocht van de Vecht te zien. De doorgraving waarvan aan weerszijden de Bemuurde Weerd is ontstaan, sluit duidelijk aan op de Oude Gracht in de stad. De ommuring waaraan de Bemuurde Weerd zijn naam dankt, is vóór 1338 aangelegd. In het zuidwestelijke deel tussen de twee straatjes bevond zich het opgravingsterrein.

Boven: Deze steengoed kan uit de vroege 14e eeuw, afkomstig uit Siegburg bij Keulen, is samen met nog een exemplaar temidden van de misbaksels gevonden. Zij vormden niet alleen een belangrijk hulpmiddel bij het dateren van de produktie van de pottenbakkers in de Bemuurde Weerd, maar ze tonen tevens aan dat die pottenbakkers zelf dronken uit geïmporteerde kannen.

Rechts: Aan de hand van de kaart van Jacob van Deventer zijn de omtrekken van de Bemuurde Weerd op de luchtfoto (1981) te zien. Zelfs de loop van de afgesneden bocht van de Vecht is in het stratenpatroon gedeeltelijk zichtbaar. De gebouwen op het opgravingsterrein (de rechthoek midden op de foto) zijn nog niet gesloopt. De westelijke gracht en een gedeelte van de stadsbuiten-gracht zijn gedempt en tot brede straten gemaakt.

de vroege 14e eeuw. De vormen van het misbakken aardewerk uit diezelfde kuil komen ook al in de late 13e eeuw voor, maar importen uit die periode zijn nog niet aangetroffen. Combinatie van deze gegevens maakt een begin van de industrie omstreeks 1300 goed mogelijk.

De einddatum van de produktie is, zoals boven al vermeld werd, laat in het jaar 1398. De pottenbakkers worden dan naar *'after an den borghwal'* verwezen. Waar dat geweest is, blijkt uit de vondst in 1972 van de resten van

een pottenbakkersoven en produktie-afval even ten noorden van de Bemuurde Weerd, ook weer aan een bochtafsnijding van de Vecht. De aardewerkvormen die daar gemaakt werden, sluiten direct aan op die welke in de Bemuurde Weerd geproduceerd werden.

De vloer- en daktegeloven

Dit is de eerste keer dat in Nederland of België een middeleeuwse vloer- en daktegeloven is opgegraven. In het buitenland, met name in



Denemarken en in Engeland, waren ze uit die periode al langer bekend. Reeds omstreeks 1880 zijn in Denemarken resten van een dergelijke oven opgegraven. Die van Utrecht bleek zo goed bewaard, dat we ons een duidelijk beeld van zijn opbouw en functioneren kunnen vormen. De bovenbouw, het gedeelte waar de te bakken produkten stonden, was echter niet meer aanwezig, zodat daarover slechts hypothesen mogelijk zijn.

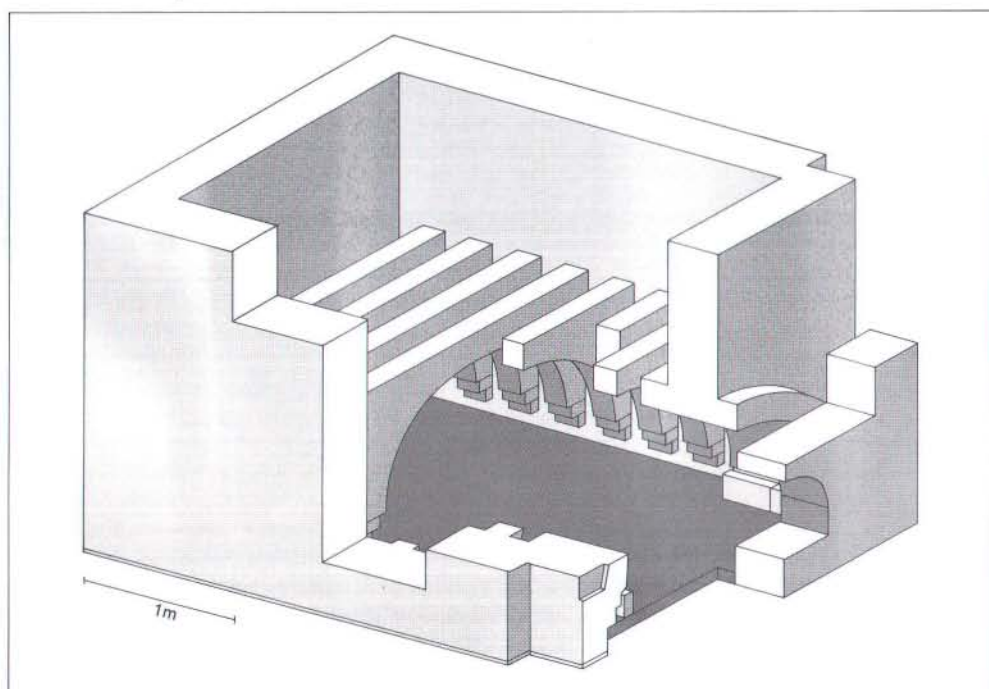
De oven was rechthoekig van vorm en voorzien van een stookvloer van baksteenbrokken. De binnenwerkse afmetingen bedroegen 1,55 m bij 2,25 m. De stookruimte was voorzien van bruggen: bakstenen bogen die uit de zijwanden ontsprongen. Tussen deze bruggen bestond steeds een ruimte van 15 cm (de breedte van één baksteen) zodat er een constructie ontstond met treksleuven. De min of meer driehoekige ruimte die tussen de zijwanden van de oven en de bogen overbleef, zal opgevuld geweest zijn, zodat een vlakke vloer met gleuven van 15 cm breedte ontstond. De oven bevond zich tot dat niveau beneden het maaiveld. Het bakruim boven de vloer met gleuven zal wel door middel van een bakstenen

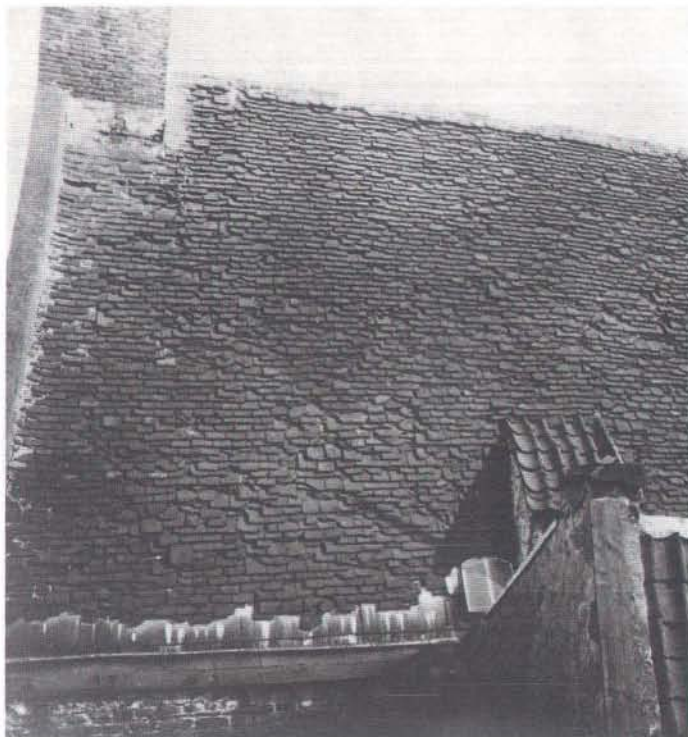
tongewelf afgesloten geweest zijn. Op de reconstructietekening (fig. 1) is een aantal gaten in dat gewelf getekend; zij zullen gediend hebben voor de regeling van de trek en daarmee van de temperatuur in de oven. De toevoer van brandstof, hout of houtskool van eik, beuk en els, vond door de stookmond plaats: een opening laag in de korte zijde van de oven, met een gemetselde boog van twee stenen dik.

Ook al is niet alles over de constructie van deze oven bekend, over de produkten die erin gebakken werden, zijn we veel beter geïnformeerd.

Daktegels

Daktegels zijn in het westen en zuiden van Nederland de voorlopers van de gegolfde dakpan (zie de foto rechts). Het zijn platte, rechthoekige tegels met aan de boven-achterzijde een nok om ze aan de panlatten te kunnen hangen. Het onderste één-derde gedeelte van het oppervlak is bij de Utrechtse tegel veelal geplazuurd; dit deel van de tegel werd niet door bovenliggende tegels afgedekt. Zo ontstond een geheel geplazuurd en dus goed waterdicht





Links: Fig. 1. Dit is een isometrische tekening van de resten van de vloer- en daktegelooven. De voorkant met de stookopening is een hypothetische reconstructie. Tekening: A.J.J. Dröge en P.C. von Hout.

Boven: Dit dak is gedekt met middeleeuwse daktegels. De foto is omstreeks 1947 gemaakt van het huis Oude Gracht 20. Een aantal jaren later zijn de daktegels verwijderd. Als de tegels op dit dak ooit geglaazuurd geweest zijn, is daar op de foto niets meer van te zien.

Rechtsboven: Deze stapel misbakken daktegels is afkomstig uit een kuil op het terrein ten noorden van het opgravingsgebied van 1984. De daktegels zijn te heet geworden in de oven, waardoor het glazuur 'geploft' is en de tegels aan elkaar gebakken zijn. De nokken dienen om de tegels aan de panlatten te hangen.

dakoppervlak, dat er bovendien nog fraai glimmend uitzag.

De snelle opkomst van de daktegelfabricage is niet toevallig. Vanaf de late 13e eeuw neemt de bevolking in heel Europa en dus ook in de Nederlanden en in Utrecht snel toe. Daarnaast is er een toenemende welvaart en een trek naar de steden, waardoor daar meer huizen gebouwd worden. In Utrecht bijvoorbeeld worden juist in de 14e eeuw veel nieuwe straten en stegen aangelegd. Op de grote terreinen van de rijken worden rijtjes éénkamerwoningen gebouwd. Deze verdichting van de bebouwing verhoogt het gevaar van grote stadsbranden, te meer daar alleen de rijken zich een 'hard' dak van leien of daktegels konden veroorloven; de rest moest het doen met de zeer brandbare riet- of strodaken. In de wanden van de kleinere huizen werd bovendien veel hout verwerkt.

Veel stadsbesturen gaan in die tijd dan ook actief aan brandpreventie doen: ze eisen niet alleen harde daken, maar subsidiëren ze zelfs. Door het groeiend aantal huizen en de subsidies op het dekken met onder andere daktegels

ontstond grote vraag naar dit in de Bemuurde Weerd vervaardigde bouw materiaal.

Hetzelfde geldt trouwens ook voor de baksteenfabricage. De stedelijke overheid eiste dat tenminste de wand waartegen de (open) haard geplaatst was, uit baksteen opgetrokken moest zijn. Rondom Utrecht floreerden dan ook de steenbakkerijen.

Vloertegels

De vloertegels die, net als de daktegels, in de oven en vooral ook in de kuilen met misbakfels teruggevonden zijn, vertonen een grote variatie in uitvoering. De meest voorkomende maat was 17 bij 17 cm. Die afmeting heeft te maken met de breedte van de treksleuven in de oven, die 15 cm bedroeg. Bij deze afmeting is het immers mogelijk rijen vloertegels op hun kant op de bruggen te stapelen met een oplegging van één centimeter. De hete lucht uit het stookruim kon dan vrijwel direct de gehele tegel in het bakruim bereiken.

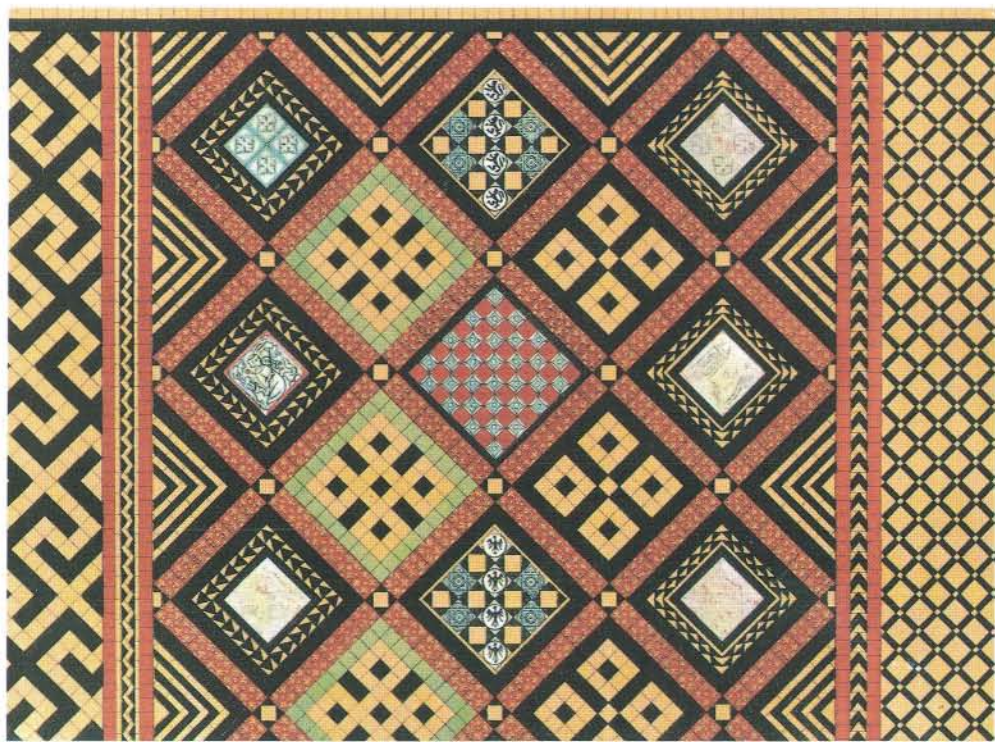
Vrijwel al deze vloertegels blijken vóór het bakken tot ongeveer halverwege hun dikte te zijn ingesneden, om ze na het bakken in kleinere stukken te kunnen breken. Zowel insnijdingen die vier, even grote, kleinere tegels opleverden, alsook nog kleinere vierkanten, driehoeken en rechthoeken werden aangetroffen. Op deze manier verkreeg men de kleine tegeltjes waarmee mozaïekvloeren werden gelegd.

Door toepassing van verschillende kleuren glazuur kon een grote variatie in patronen in die vloeren worden verwezenlijkt. Het meest gebruikte glazuur is loodglazuur dat transparant tot lichtgelig is. Dit glazuur geeft op een roodgebakken tegel een roodbruine kleur. Bij tegels die vóór het glazuren van een laagje witbakkende klei werden voorzien, ontstaat een gele kleur. Voegt men aan het glazuur koper toe, dan ontstaat bij roodbakken tegels een zwart/groene kleur en bij tegels met een laagje witbakkende klei een lichtgroene kleur.

Sommige tegels heeft men van afbeeldingen voorzien door in de nog natte klei met een stempel een motief te drukken. De zo ontstane holte werd vervolgens opgevuld met witbakkende klei; om het geheel weer strak en schoon te krijgen werd het oppervlak van de tegel een keer 'geschraapt'. Na het glazuren en bakken kreeg men een rode tegel met een gele afbeel-

Onder: Deze vier vloertegels zijn versierd met resp. leeuwen en een bloem. Opvallend is het kwaliteitsverschil in uitvoering van aan de ene kant de bovenste twee leeuwen en van het exemplaar linksonder. De twee linker tegels zijn te ver 'geschraapt', zodat delen van de afbeelding verdwenen zijn. De maat van deze tegels wijkt af van de standaardmaat van 17 bij 17 cm: ze zijn slechts 11 bij 11 cm. In de oven zullen ze op de grotere tegels gestaan hebben, omdat ze kleiner zijn dan de breedte van de treksleuven.





Boven: Een tekening van een in 1862 gevonden gedeelte van een mozaïekvloer. De vloer heeft gelegen in het huis van een hoge geestelijke van de kerk van St. Jan aan het Janskerkhof te Utrecht. In deze vloer zijn alle vier de kleuren: rood, geel, groen en zwart verwerkt. Er komen met lelies versierde tegels in voor en grote en kleine exemplaren met tinglazuur en uit de vrije hand gemaakte afbeeldingen. Het op de tekening voorkomende deel heeft een oppervlakte van ca. 4 bij 3 meter; er zijn minstens 4000 tegeltjes in verwerkt.

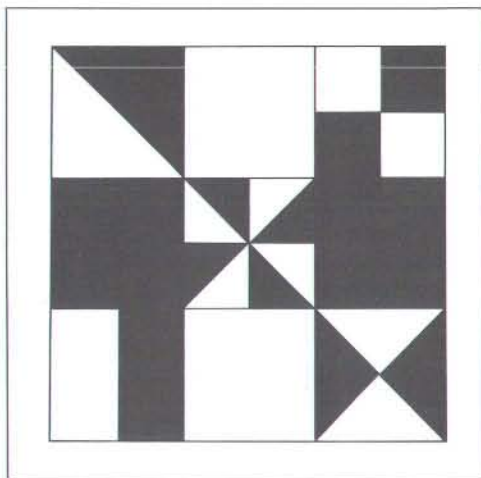
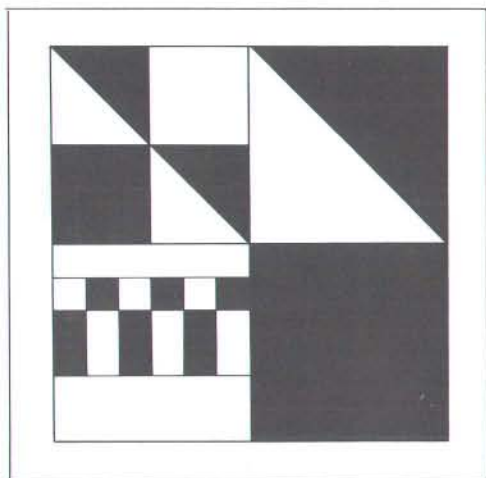
Links: Versierde en onversierde vloertegels met verschillende ingesneden breeklijnen en verschillende kleuren. De kleine tegeltjes die van de met lelies versierde tegel rechtsonder gemaakt werden, zijn in een vloerfragment in de Domkerk te Utrecht teruggevonden.

ding. Het meest voorkomende motief is de Franse lelie, maar ook 'klimmende' leeuwen en bloemen komen voor.

Een zeer grote verrassing was dat in de oven en in enkele misbakselkuilen fragmenten van tegels met tinglazuur werden gevonden. Tin, zeker in die tijd een dure grondstof, werd (gemengd met lood) gebruikt voor het maken van glazuur. Er ontstaat dan geen transparant glazuur, maar een dekkende laag met een witte kleur, die zeer geschikt is als ondergrond voor beschildering. Alle fragmenten van vloertegels met tinglazuur die gevonden zijn waren dan ook voorzien van beschilderingen.

Tot voor kort werd aangenomen dat vloertegels met tinglazuur, die in een aantal vloerresten, bijvoorbeeld in kerken, gevonden zijn, uit Zuid-Europa of Frankrijk geïmporteerd waren. Nu blijkt dat ze, in ieder geval in Utrecht, ter plaatse werden gemaakt.

Versierde, in mozaïek gelegde tegelvloeren zullen zeer kostbaar zijn geweest. Het is daarom niet verwonderlijk dat men ze vooral in kerken en kloosters aantreft. De verbreiding

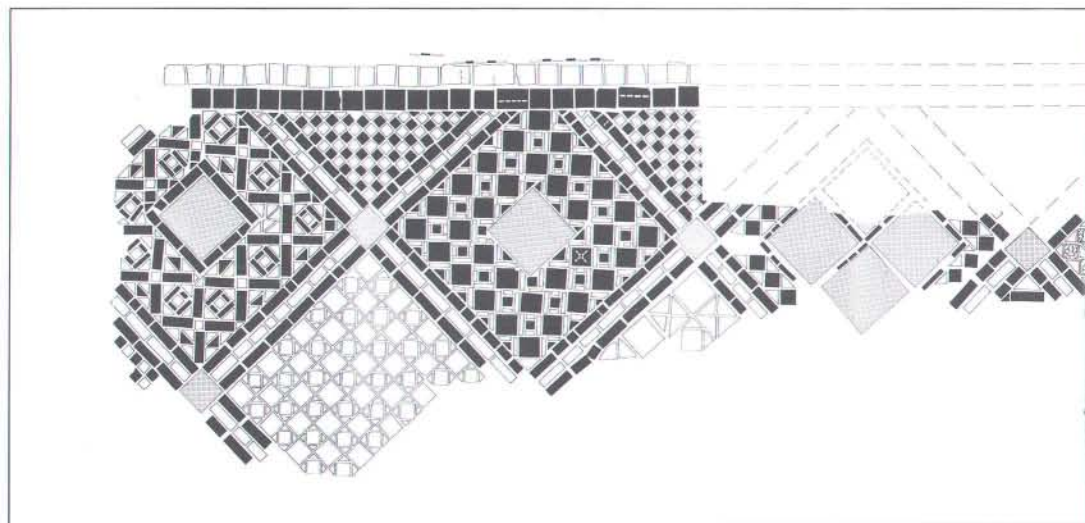


van de gebakken vloertegel is zelfs sterk bevorderd door kloosterorden, met name door de Cisterciënsers.

In Utrecht zijn in verschillende kerken en kloosters, maar ook in de grote huizen van geestelijken en leken, resten van versierde mozaïekvloeren gevonden, uit de eerste helft van de 14e eeuw. De daar aangetroffen tegels lijken zó op die uit de ovens en misbakselkuilen uit de Bemuurde Weerd, dat men rustig mag aannemen dat ze daar gefabriceerd zijn. De produktie van mozaïektegels houdt vermoedelijk ruim vóór het einde van de 14e eeuw op.

Boven: Het schema van de vloertegels die uit een in vier gedeelde tegel (links) en uit een in negenen gedeelde tegel (rechts) van 17 bij 17 cm gemaakt werden. Al deze vormen zijn zowel in de misbakselkuilen als in vloerfragmenten in Utrechtse gebouwen teruggevonden.

Onder: Een gedeelte van een 14e eeuwse mozaïekvloer in de Domkerk te Utrecht. Wit: geel; zwart: zwartbruin; gestippeld: rood; gerasterd: tinglazuur met afbeelding. (Tekening: A.A. van Berkel).



De pottenbakkersoven

De tweede goed bewaarde oven was gebruikt om aardewerk te bakken. In tegenstelling tot de vloer- en daktegelooven was deze oven min of meer elliptisch van vorm. Hij was, evenals de tegelooven, gedeeltelijk in de grond gebouwd; dat wil zeggen dat het stookgedeelte zich onder het maaiveld bevond. Ook van deze oven is alleen een gedeelte van de stookruimte bewaard gebleven.

Het centrale deel van de oven bestaat uit het zogenaamde 'support', een kleilichaam dat bij het graven van de ovenplaats werd uitgespaard. Dit elliptische kleilichaam was bekleed met grote bakstenen. Vóór het support, in de stookmond, brandde het vuur. De hete lucht kon via twee trekgangen aan weerszijden van het support naar achteren en naar boven circuleren. Tussen het support en de buitenwand van de oven, die eveneens van grote bakstenen was gemaakt, zaten, net als bij de tegelooven, bruggen, waarop het aardewerk in de bakruimte gestapeld werd.

Van de buitenwand van de oven is zeer weinig bewaard gebleven, van de bruggen zelfs helemaal niets. De achterzijde van de oven is door een latere ingraving verloren gegaan. Wel bleek de werkkuil, waarin de pottenbakker stond om het vuur te stoken, te zijn behouden. Op grond van deze gegevens konden we vaststellen dat de oven zich gedeeltelijk ondergronds bevond.

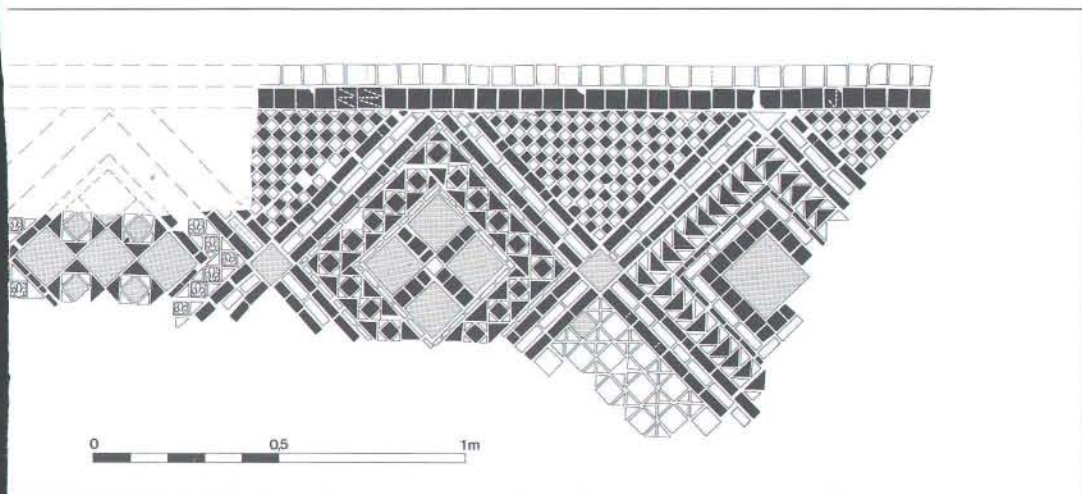
De bodem van de kuil bevond zich ongeveer een halve meter dieper dan de stookmond, zodat de pottenbakker zich bij het stoken niet al te diep hoefde te bukken. In de kuil lag veel as, houtskool en ander afval van het leeghalen van de stookruimte.

Hoe de bovenbouw, dus het bakruim van de pottenbakkersoven eruit gezien heeft weten we niet. Hoogstwaarschijnlijk is hij met een koepel van baksteen en klei afgedekt geweest.

Utrechts aardewerk uit de 14e eeuw

Het gevonden aardewerk weerspiegelt de ontwikkeling van een weinig industriële productie in de 13e eeuw naar een echte industrie, die een meer dan lokale functie had. De betrekkelijke armoede aan vormen van het lokale aardewerk uit de 13e eeuw maakt plaats voor een veel grotere vormenrijkdom, die in de 15e eeuw zijn hoogtepunt vindt.

Aan tal van misbaksels is duidelijk af te lezen hoe de pottenbakkers van de Bemuurde Weerd in de 14e eeuw hebben geëxperimenteerd, op zoek naar nieuwe vormen. Deze vernieuwingen waren enerzijds nodig om de productie steeds meer te kunnen opvoeren ten einde de behoefte aan aardewerk van de steeds toenemende stadsbevolking te kunnen dekken, anderzijds om aan de kennelijke wens van het (welvarender?) publiek naar een uitgebreider scala van kook- en schenkgerei te kunnen voldoen.





Van kogelpot tot kookkan

De toenemende industriële manier van vervaardigen van het aardewerk is goed te volgen in de ontwikkeling van de kogelpot, die eeuwenlang de kookpot bij uitstek was, naar de kookpot met één of twee oren en drie pootjes. Een kogelpot is in principe niet op een draaischijf vervaardigd, maar met de hand gevormd; dit is vooral goed te zien aan het hobbelige oppervlak aan de binnenzijde.

Het karakteristieke van de kogelpot is zijn bolle bodem waarmee hij goed in de hete as of in het smeulende vuur gezet kon worden zonder om te vallen. De bolle bodem zorgde bovendien voor een goede warmte-overdracht. De bovenrand van de kogelpot is gedraaid; dit zal ook uit de hand gebeurd zijn. Het buitenoppervlak is vaak 'bewerkt'. Daarbij komen ondiepe, diagonale groeven voor die met de vingers in de nog natte klei werden getrokken. Ook werd de nog natte buitenzijde wel met een borstel bewerkt, waardoor de pot een streperig uiterlijk kreeg.

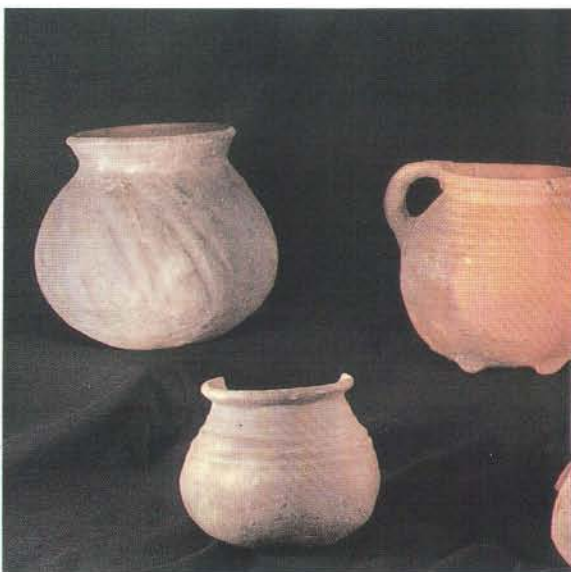
De kogelpot is door het reducerend bakproces altijd grijs tot zwart van kleur. Dit bakprocédé, waarbij vrijwel geen zuurstof in de brandende oven werd toegelaten, maakte het aardewerk minder poreus dan bij zuurstofrijk (oxyderend) bakken het geval was. Dan krijgt men bij de Utrechtse klei rood aardewerk. Het reducerend gebakken aardewerk is nooit geglaazuurd; dat is ook niet zo nodig. De variatie in vormen is bij de kogelpotten niet groot; wel komen ze in vele afmetingen voor.

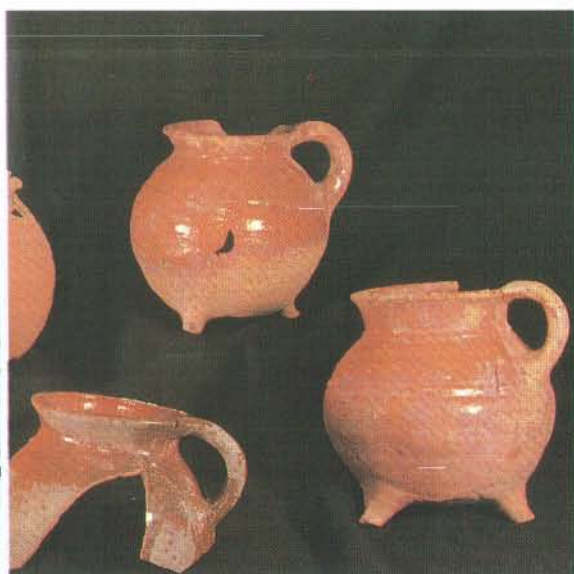
Het kookgerei bij uitstek in de late 14e en in de 15e eeuw is de kookkan. Het is een op een draaischijf gemaakt min of meer bolvormig potje met één oor en drie pootjes. Een deel van

Boven: De meeste kogelpotten op deze afbeelding hebben schuine vingerstrepen. Rechts staan twee potten met borstelstrepen. Van de kleine potjes links en rechts op de voorgrond is de bovenhelft gedraaid. De meest linkse pot is een echt 'misbaksel', dat door te grote hitte in de oven scheefgezakt is.

Rechts: Een detail van de vloer- en daktegelooven. De vloer van de bakruimte is gemaakt van baksteenbrokken. Hij is nog steeds zwart van het (verbrande) hout waarmee de oven gestookt werd. De afwisseling van bruggen en treksleuven, ieder 15 cm breed, is goed te zien.

Onder: Van kogelpot tot kookkan. Linksachter staat de klassieke kogelpot. Daarvoor een halfgedraaid kogelpotje. Rechts daarvan een fragment van een roodgebakken kogelpot met glazuur en een oor. De kookkan links daarboven is gedraaid, maar heeft nog slechts uitgeknepen 'vinnetjes' om op te staan in plaats van pootjes. Het model van de gedraaide kan daarnaast heeft nog het model en de hals van een kogelpot, terwijl de meest rechtse al een rechte hals heeft.





de kookkannen kwam echter nooit op het vuur, wat blijkt uit het volkomen ontbreken van roetsporen bij gebruikte exemplaren. Zij hebben alleen als schenkan dienst gedaan. De minder vaak voorkomende kookpot heeft twee oren, maar ziet er voor het overige vrijwel hetzelfde uit. Kookkannen en kookpotten zijn vrijwel zonder uitzondering van roodbakend aardewerk en geheel of gedeeltelijk voorzien van loodglazuur.

Tussen de misbaksels uit de Bemuurde Weerd bevinden zich veel exemplaren die ontwikkelingsstadia van kogelpot naar kookkan laten zien. Deze overgangsvormen zijn nooit bij woonhuizen aangetroffen. Daarom menen we dat die tussenvormen experimenten van de pottenbakker zijn, die nooit de 'markt' gehaald hebben, althans niet in grote hoeveelheden. Zo zijn er kogelpotten in de misbakselkuilen gevonden, waarvan het onderste deel

handgevormd is en het bovenste deel heel duidelijk langzaam gedraaid is. Deze potten zijn op de traditionele wijze grijs gebakken. Een tweede 'tussenvorm' is een 'kogelpot' die geheel op de draaischijf is vervaardigd. Om de ronde bodem te verkrijgen is de onderkant na het draaien bijgesneden. Deze vorm is niet reducerend, maar oxyderend (dus rood) gebakken. Dit is ook het geval bij een geheel gedraaide en bijgesneden pot die van een oor en van kleine uitgeknepen 'vinnetjes' aan de onderzijde voorzien is.

Tenslotte zijn er exemplaren die aan de buitenzijde gedeeltelijk geglaazuurd zijn, rood gebakken, voorzien van een oor, maar wel met een bolle bodem en borstelstrepjes op de buitenkant, zoals bij 'echte' kogelpotten voorkomt. Bovendien zijn ze grotendeels handgevormd. Aan het einde van al dit geëxperimenteer komt een kookkan te voorschijn, die gedraaid is. Hij is voorzien van drie kleine pootjes en één oor, oxyderend gebakken en heeft loodglazuur op de buitenkant van de schouder. Bovendien vertoont hij de wat 'uitgezakte' vorm en de ronde, naar buiten gebogen hals van de kogelpot.

Deze vorm is typisch voor het midden van de 14e eeuw. De latere Utrechtse kookkannen hebben hun grootste breedte boven het midden liggen, waardoor zij een min of meer bolvormig lichaam hebben, terwijl de hals rechte zijden krijgt en de rand minder zwaar wordt. Het gebruik van glazuur (om hem minder poreus te maken), vooral op de binnenkant, neemt in de loop der tijden toe.

De overige produktie

In dezelfde periode dat de kogelpot tot kookkan evolueert, wordt er ook ander aardewerk door de pottenbakkers van de Bemuurde Weerd gemaakt. In grijs aardewerk komen vooral grote kannen, schalen en voorraadpotten voor, die alle van uitgeknepen standlobben zijn voorzien. De grootste exemplaren hadden afmetingen van 30 cm hoogte en 25 cm op zijn breedst. Daarnaast worden grijze kruikjes met nauwe hals en twee oortjes gemaakt. Voorbeelden daarvan op de foto hieronder. Grote kannen werden ook in rood aardewerk gemaakt; zij hebben, evenals hun kleinere soortgenoten, een lik loodglazuur op hun schouder.

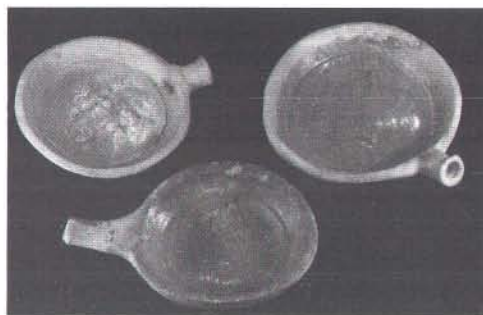
Een nieuwkomer in het Utrechtse aardewerk uit deze periode is de koekepan. In vorm vertoont hij grote gelijkenis met onze huidige koekepan, maar hij heeft een lensvormige bodem. Echt platte bodems komen pas in de 15e eeuw voor. Koekepannen zijn aan de binnenkant altijd geglaazuurd. Een duidelijk onderscheid in type is te maken aan de hand van de stelen. Het oudere type heeft een korte, holle steel, waarin men een houten handvat kon steken. Een afbeelding van deze twee typen is rechtsboven te zien. Wat later komen massieve platte stelen in zwang, die tot ver in de 17e eeuw in zwang blijven.

Er zijn overigens veel meer vormen en details die in de produktie van de Bemuurde Weerd al voorkomen, maar die later ook in de pottenbakkerijen noordelijker langs de Vecht gemaakt worden.



Links: Grijze, twee-orige kruikjes van 17 cm hoog. Het model van deze kruikjes is afgekeken van uit Duitsland geïmporteerde exemplaren, die in steengoed gemaakt zijn. De Utrechtse pottenbakkers imiteerden nogal eens het kwalitatief hoogwaardige steengoed.

Rechtsboven: De bovenste twee koekepannen behoren tot het oudere type met de korte, holle steel, waarin een stok gestoken kon worden. De onderste koekepan heeft al een plat, massief handvat. De inwendige glazuurlaag is natuurlijk nodig om aanbaken te voorkomen.



Pottenbakkerijen buiten Utrecht

In totaal zijn ongeveer 25000 misbaksel-fragmenten waaronder een flink aantal vrijwel complete exemplaren van het opgravings-terrein geborgen. Vanzelfsprekend is dit maar een klein deel van de produktie. Daar het pottenbakkersgebied zich in ieder geval ook verder naar het noorden en naar het zuiden in de Bemuurde Weerd heeft uitgestrekt, moet de totale produktie enorm geweest zijn.

Opvallend is dat in de Nederlanden de aardewerkindustrie sterk aan de steden gebonden was. Vondsten van pottenbakkerijen zijn gedaan in Brugge, 's-Hertogenbosch, Leiden, Haarlem, Amersfoort, Bergen op Zoom en Delft. De industrieën bevonden zich net als in Utrecht vlak buiten de stad of op grote open plekken daarbinnen, meestal aan de rand. Natuurlijk zullen de steden zelf met hun voor die tijd grote bevolkingsaantallen de belangrijkste

afnemers van aardewerk zijn geweest, maar er is zeker ook afzet in de 'regio' geweest. Hoever die export zich heeft uitgestrekt is nog onderwerp van studie, maar duidelijke regionale verschillen in vormen en soorten hebben we al wel kunnen signaleren.

Vergelijken we de situatie van de middeleeuwse pottenbakkers in de Nederlanden met die van hun collega's in bijvoorbeeld Engeland en Duitsland dan vallen grote verschillen op. In Duitsland bestond in de middeleeuwen (en later) een aantal grote aardewerkindustrieën (bijv. Siegburg bij Keulen, Langerwehe ten oosten van Aken) die zeer hoogwaardige produkten maakten, speciaal drinkgerei voor de export. Hun voortbrengselen vinden we in vrijwel geheel Noordwest-Europa terug. Hun 'marktaandeel' in het drinkgerei blijkt zonneklaar uit het feit dat de Utrechtse pottenbakkers geen drinkgerei maakten, maar zelf uit geïmporteerde kannen dronken: de in de misbakselkuilen teruggevonden exemplaren getuigen daarvan. De grote Duitse exportindustrieën waren niet aan steden gebonden en de Engelse waren dat al evenmin, maar daar was de pottenbakkerij vrijwel uitsluitend een landelijke industrietak, die soms te zamen met het boerenbedrijf werd uitgeoefend: de produktie per oven is dan ook relatief gering en het verspreidingsgebied klein.

De aardewerkindustrie in de Nederlanden en die van Utrecht in het bijzonder, geeft nog weer eens extra reliëf aan de constatering dat de steden daar al in de middeleeuwen een overwegende rol in de economie speelden.

Literatuur

- Bruijn, A., (1979). *Pottersvuren langs de Vecht. Aardewerk rond 1400 uit Utrecht*. Rotterdam Papers III, Rotterdam.
- Greevenbroek, J.Th.R. van, e.a. (red), (1979). *Haarlems Bodemonderzoek 10*. Haarlem.
- Hoekstra, T.J., (1981). *Archeologische Kroniek van de Gemeente Utrecht over 1978-1979-1980*. Maandblad Oud Utrecht 3, pag. 38-44.
- Janssen, H.L., (1983). *Later medieval pottery production in the Netherlands*. In: P. Davey and R. Hodges, *Ceramics and Trade. The production and distribution of later medieval pottery in north-west Europe*. Sheffield. ISBN 0 906090 10 5

Bronvermelding illustraties

- ROVU, Dienst Bouwen en Wonen, onderafd. Monumenten: pag. 362-363, 364 onder, 366 rechts, 368, 369 rechts, 370 boven, 372, 372-373, 374, 374-375, 375, 376, 377.
- Gemeentelijke Fotodienst, Utrecht: pag. 363 (inzet), 365, 370-371.
- Gemeentelijk Archiefdienst, Utrecht: pag. 364 boven, 366 links, 369 links, 371.
- ROVU, Dienst Ruimtelijke Ordening, afd. Landmeten en Kartografie: pag. 367.



Boven: Het slopen van huizen op gifgrond in de Merwedepolder in Dordrecht. Atoomspectrometrische analysemethoden worden veel gebruikt om milieuverontreiniging met zware metalen in water- en bodemonsters te bepalen.

L. de Galan / J.P.J. van Dalen
*Vakgroep Analytische Scheikunde
 Technische Hogeschool Delft*

Rechtsboven: Met een hoogfrequente wisselstroom wordt via een spoel van enkele windingen energie toegevoerd aan argongas. Hierdoor ontstaat een zgn. inductief gekoppeld plasma (ICP) met een temperatuur van 6000°C. Door hierin een monster te verstui-ven zal elk erin opgelost metaal karakteristieke straling uitzenden en daardoor tot zeer lage concentraties bepaald kunnen worden. (Foto: Zentralabteilung für Chemische Analysen, hoofd: prof. dr. B. Sansoni, KFA, Jülich).



Zware metalen zijn in het nieuws. Cadmium en kwik verontreinigen onze rivieren en bodem. Bloed en urine worden onderzocht op de aanwezigheid van lood en arseen. Daarbij gaat het, gelukkig, om zulke kleine hoeveelheden, dat hoge eisen worden gesteld aan de bepalingswijze. Een uitstekend hulpmiddel is de atoomspectrometrie, die berust op het vermogen van atomen om licht te absorberen of uit te zenden. Er zijn verschillende bepalingsmethoden, die gebruikt worden afhankelijk van de hoeveelheid monster, de te bepalen elementen en de (soms zeer kleine) hoeveelheden daarvan in het monster. Het zal duidelijk worden dat het werkterrein van de atoomspectrometrie veel ruimer is dan het opsporen van giftige metalen in het milieu.



ATOOM SPECTROMETRIE

**Het vinden van de speld
in de hooiberg**

Het stralende atoom

Wie wel eens 's avonds op de grote weg rijdt, kan kennis maken met het verschijnsel dat atomen licht kunnen uitstralen: het gele schijnsel van de lichtmasten is afkomstig van natrium. Dat atomen licht kunnen uitzenden is al lang bekend, evenals het feit dat we die atomen en dus de chemische elementen aan die straling kunnen herkennen.

Nu, achteraf, is de verklaring eenvoudig. Een atoom bestaat uit een heel kleine, positief geladen kern, waaromheen elektronen bewegen. Het aantal elektronen is gelijk aan het aantal protonen in de kern en bepaalt de positie van het element in het periodiek systeem. Elk chemisch element heeft dus zijn eigen aantal elektronen. Deze elektronen bewegen in vaste banen op verschillende afstand tot de kern.

Voor de atoomspectrometrie is alleen het buitenste, minst gebonden elektron van belang. Voeren we namelijk aan het atoom energie toe, bijvoorbeeld door het sterk te verhitten, dan kan het buitenste elektron overspringen naar een lege baan, die nog verder van de kern afligt. Het atoom heeft een beetje energie opgenomen en gebruikt die om het elektron nog een beetje verder van de kern te verwijderen. Deze situatie is echter geen lang leven beschoren en binnen een miljoenste seconde keert het elektron weer terug naar zijn oorspronkelijke baan. Daarbij komt het aanvankelijk opgenomen beetje energie weer vrij en het atoom kan dit pakketje energie afstaan in de vorm van een lichtflits. Eén zo'n lichtflitsje is te zwak om te zien, maar als er veel atomen zijn, die steeds lichtflitsjes uitzenden, dan zien we geel licht, als het tenminste natriumatomen zijn.

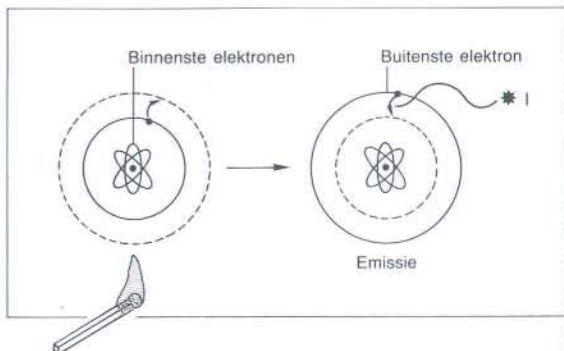
Het buitenste elektron kan niet willekeurig bewegen, maar alleen in vaste, voorgeschreven banen. Het kan dan ook alleen sprongsgewijs van baan veranderen en de energiepakketjes kunnen alleen bepaalde grootten hebben. Ongeveer, zoals je bankbiljetten hebt van 50, 100, 500, 1000 en 5000 frank, maar niet daartusschenin. Tenminste niet in België. In andere landen hebben ze weer andere bankbiljetten en 100 frank is niet gelijk aan 100 gulden of 100 dollar. Zo heeft ook elk element zijn eigen, karakteristieke energiepakketjes. Zo'n pakketje noemen we een *foton*.

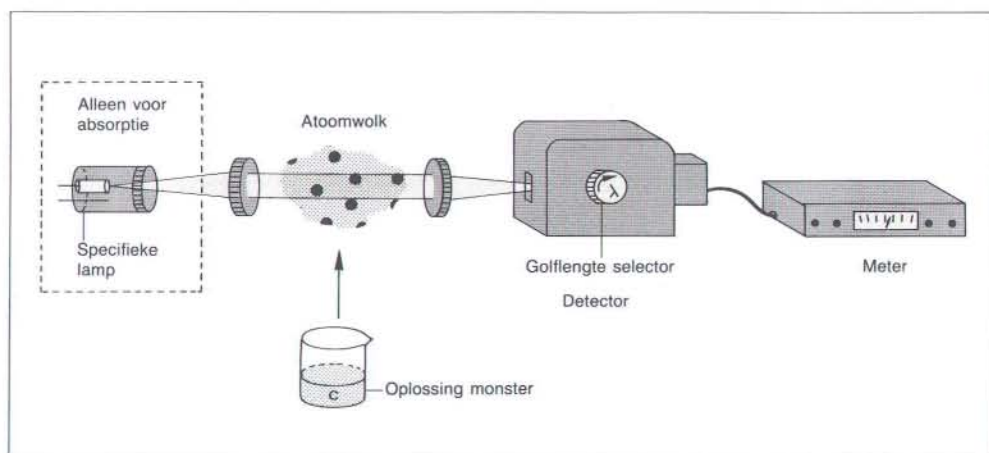
Onder: Fig. 1. Bij sterke verhitting kunnen atomen energie opnemen doordat het buitenste elektron in een hogere baan komt. Terugval in de lagere baan leidt tot *emissie* van straling met een golflengte karakteristiek voor het element. Het aantal atomen bepaalt de intensiteit I . De energie-overgang kan ook optreden door *absorptie* van straling met precies de benodigde energie. De intensiteitsvermindering I/I_0 wordt dan gemeten.

Rechts: Fig. 2. De principe-opstelling voor atoomspectrometrische analysemethoden. Bij verhitting van de monsteroplossing tot ca. 2000°C worden atomen gevormd die straling uit de specifieke lichtbron kunnen absorberen. Bij verhitting tot ca. 6000°C kan de uitgezonden karakteristieke straling direct gemeten worden, waarbij de specifieke lamp dan vervalt. De golflengte-selector wordt ingesteld op de te meten karakteristieke golflengte, waarbij storende straling niet gemeten wordt.

Omdat de atomen van een element alleen fotonen van bepaalde, voorgeschreven energie (E) uitzenden, hebben de lichtflitsen ook een welomschreven golflengte ($E = hc/\lambda$). En omdat de golflengte van het licht de kleur bepaalt, heeft elk element zijn eigen kleur: geel voor natrium, rood voor lithium, enz. De meeste elementen hebben helemaal geen kleur, omdat ze licht uitzenden met golflengten, die onze ogen niet kunnen zien (ultraviolette straling). Maar we kunnen die wel meten.

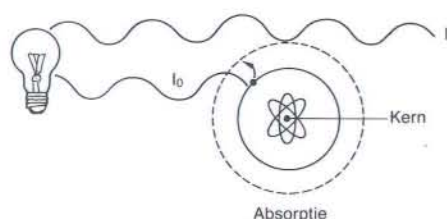
Zo kunnen we aan de golflengte van de uitgezonden straling het element herkennen. Als we ook nog weten *hoeveel* straling (energiepakketjes of fotonen) wordt uitgezonden, dan kunnen we tevens bepalen hoeveel stralende atomen er zijn en dus hoeveel van het betreffende element aanwezig is. Zo hebben we de basis gelegd voor een eerste analysemethode: de atomaire *emissiespectrometrie*. Daarbij me-





ten we de intensiteit van de straling met een golflengte, die karakteristiek is voor een bepaald element.

Er bestaat echter nog een tweede analyse-methode: de atomaire *absorptiespectrometrie* (AAS). Een atoom kan namelijk niet alleen fotonen uitzenden (emitteren), hij kan ze ook opnemen (absorberen). Eigenlijk ligt dat voor de hand. Het atoom staat een foton af wanneer het buitenste elektron terugkeert naar zijn oorspronkelijke baan. Omgekeerd zal een atoom precies zo'n foton kunnen opnemen om het elektron over te laten springen naar de verder gelegen baan. Deze twee processen zijn als het ware elkaars spiegelbeeld (zie fig. 1). In beide gevallen gaat het om fotonen met dezelfde energie en dus ook met dezelfde golflengte. Een atoom kan straling absorberen van precies die golflengte, die het zelf uitzendt. Natrium absorbeert geel licht, lithium rood, enz.



Nu zijn atomen erg kieskeurig en accepteren alleen straling (fotonen) van precies voorgeschreven golflengte. In ons financiële beeld: met Nederlandse bankbiljetten kun je alleen in Nederland terecht, met Belgische alleen in België, enz. Atomen kennen geen wisselkantoren. Zo kunnen we door een juiste keuze van de ingestraalde golflengte ervoor zorgen dat alleen de atomen van een bepaald element de fotonen van die golflengte kunnen opnemen. Door deze absorptie nemen de atomen licht weg en de mate waarin ze dat doen is weer een maat voor het aantal atomen van dat element. Aldus kan ook de atomaire absorptiespectrometrie gebruikt worden voor kwantitatieve bepalingen.

Een kwantitatieve analysemethode

De vraag rijst wellicht, waarom we in het dagelijks leven zo weinig merken van de stralende en absorberende atomen. Het witte keukenzout bevat wel natrium, maar emitteert noch absorbeert geel licht. De reden is dat de hiervoor gegeven beschouwing uitgaat van vrije, ongebonden atomen, terwijl het natrium in keukenzout vast gebonden is aan chloor (NaCl). Normaal zijn alleen edelgasen als vrije atomen in de lucht aanwezig. Alle andere elementen moeten eerst worden verhit en uit hun moleculaire omgeving losgemaakt (gedissocieerd) worden. Ook in moderne instrumenten gebeurt dat door verhitting!

Het algemene beeld van zo'n instrument staat in fig. 2 aangegeven, waarbij de lamp,

geheel links, gebruikt wordt voor absorptiemetingen. Deze ontbreekt in de emissie-uitvoering. Het hart bestaat uit de *atoomborn*, die het opgeloste monster overvoert in een wolk vrije atomen. Bij een regelmatige en goed gecontroleerde overgang is de concentratie van vrije atomen van een element in de atoomwolk evenredig met de concentratie daarvan.

Blijft de temperatuur in de atoomwolk beperkt tot zo'n 2000°C dan kunnen de meeste atomen alleen straling absorberen. Willen we de vrijgemaakte atomen zover brengen dat ze zelf straling gaan uitzenden, dan moeten we de temperatuur flink opvoeren. In 1963 construeerden Fassel (USA) en Greenfield (UK) onafhankelijk van elkaar een bruikbare versie van het inductief gekoppelde plasma (ICP = Inductively Coupled Plasma), waarin de temperatuur circa 6000°C bedraagt. Alle atomen stralen nu licht van verschillende golflengte uit. Met een golflengteselektor pikken we straling van één golflengte op, die karakteristiek is voor een bepaald element. Achter de golflengteselektor staat een detector, die de opgevangen straling omzet in een elektrische stroom, die op een meter wordt afgelezen. De uitslag van de meter is een maat voor de stralingsintensiteit (I), die evenredig is met de concentratie (c) van het element in oplossing:

$$I = S \cdot c$$

De evenredigheidsfactor (S) noemen we de *gevoeligheid* (sensitivity). Hoe groter S is, des te groter is de intensiteit, of, anders gezegd, des te lager kan de concentratie c zijn.

Willen we uit de gemeten intensiteit een onbekende concentratie afleiden, dan moeten we S kennen. Hoewel voor de gevoeligheid wel een theoretische uitdrukking te geven valt, helpt ons dat weinig, omdat hierin factoren voorkomen, die slecht bekend zijn. In de praktijk bepalen we S experimenteel door één of meer bekende concentraties van het te bepalen element te meten. Het aldus vastgelegde verband tussen I en c noemen we een *ijklijn*. Met behulp van de ijklijn kunnen we vervolgens voor een onbekende stof de concentratie uit de gemeten intensiteit afleiden (zie fig. 3).

We keren nu terug naar fig. 2 met een temperatuur van de atoomwolk van 2000°C. Bij deze temperatuur absorberen de atomen alleen maar. Daarom plaatsen we voor de atoomwolk een lamp. Het lijkt voor de hand te liggen hiervoor een gloeilamp te nemen, die licht van alle golflengten uitzendt. In combinatie met de golflengteselektor kunnen we dan eenvoudig op het gewenste element instellen. In de praktijk blijkt dit niet te gaan, omdat de atomen zo selectief zijn dat ze alleen straling van zeer precies omschreven golflengte absorberen. Zo scherp kunnen we de golflengteselektor niet instellen. Onze kennis van het stralende atoom

Lithium



Natrium



Barium





Boven: De stralingsbron voor AAS bevat het te bepalen element waarbij de karakteristieke straling meestal onzichtbaar is; de rode gloed komt van een hulpgas.

Onder: Elk element zendt bij verhitting karakteristieke straling uit. Dit is zichtbaar door een oplossing ervan in een vlam te verstuiven. In de praktijk meet men de emissie uit het inductief gekoppelde plasma in het UV.

Koper

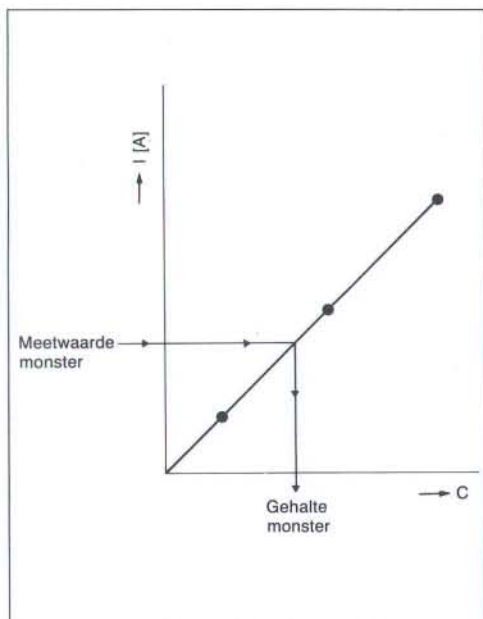


komt ons echter te hulp. De atomen absorberen immers juist die golflengte die ze zelf ook kunnen uitstralen. Walsh (Australië) gebruikte daarom in 1955 een lamp, gemaakt van het element, dat hij wilde bepalen. Deze praktische vondst wordt nog steeds toegepast. Willen we magnesium meten, dan kiezen we uit de kast de magnesiumlamp, die precies de golflengten van magnesium uitzendt. (Om daaruit precies de goede magnesiumgolflengte te pakken, handhaven we de golflengteselector, maar zijn functie is eenvoudiger geworden.)

Voor de kwantitatieve bepaling meten we nu met de stralingsdetector de intensiteit eerst zonder (I_0) en daarna in aanwezigheid van de atoomwolk (I). Er geldt nu:

$$A = \log I_0/I = S'c$$

We noemen A de *extinctie* (absorbance); we berekenen deze extinctie uit I_0 en I om een grootte te krijgen, die evenredig is met de concentratie c van de te meten oplossing. Ook in dit geval is de evenredigheidsconstante S' niet nauwkeurig bekend, zodat we evenals bij de emissiemeting een ijklijn moeten opstellen; dit doen we met behulp van bekende concentraties.



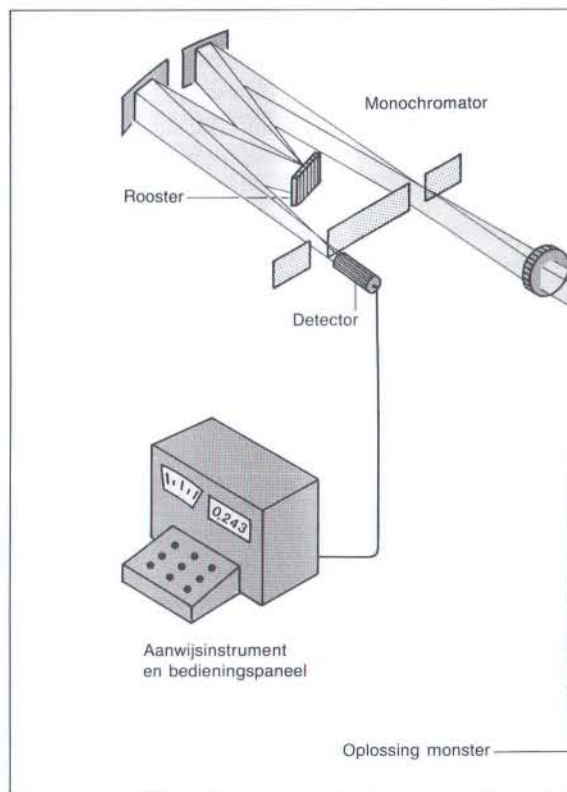
Links: Fig. 3. De onbekende concentratie van een element in een monsteroplossing wordt bepaald met behulp van een 'ijklijn'. Hierbij wordt in een grafiek de emissie, respectievelijk de absorptie vergeleken met die van oplossingen waarvan de concentraties bekend zijn.

Onder: Fig. 4. Een gedetailleerd schema van een vlam-atomaire absorptiespectrometer. De monsteroplossing wordt met behulp van perslucht aangezogen en verstoven waarbij de kleine druppeltjes door een acetylenevlam omgezet worden in losse atomen. De atomen van het te bepalen element absorberen de elementspecifieke straling uit de stralingsbron die hetzelfde element bevat. Alle straling uit de lamp en de vlam valt op de golflengteselektor (monochromator) waar, door instelling van het rooster, de elementspecifieke straling wordt doorgelaten en op de detector valt. Het meetinstrument berekent de extinctie (verzwakking) die maat is voor de concentratie van het element. Voor elk element moet de eigen element-specifieke lamp en bijbehorende golflengteinstelling worden gekozen.

Vlam-AAS – het werkpaard

Verreweg de meest gebruikte atoomspectrometrische analysemethode is de *vlam*-atomaire absorptie spectrometrie (vlam-AAS, zie fig. 4). Een oplossing van het monster wordt via een slangetje aangezogen en door een verstuiver omgezet in een nevel van zeer kleine druppeltjes. Deze worden door een mengsel van lucht en acetyleen (ethyn) meegevoerd naar een brander. Deze vlam bereikt door de verbrandingsreactie van acetyleen een temperatuur van ongeveer 2000°C. In de vlam zullen de druppeltjes en de daarin aanwezige monsterdeeltjes verdampen en uiteenvallen in losse atomen. De vlam vervult hiermee de functie van de atoomwolk in fig. 2.

Voor de vlam staat de speciale lamp, die precies de golflengte uitzendt van het element dat we willen bepalen. Elk element heeft zijn eigen lamp en als we in de oplossing verschillende elementen willen meten, dan zullen we van lamp moeten wisselen. De AAS meet maar één element tegelijk. Achter de vlam staat het eigenlijke meetinstrument, waarop na enige elektronische bewerkingen de extinctie wordt aangegeven, die een maat is voor de concentratie van het element in de oplossing.



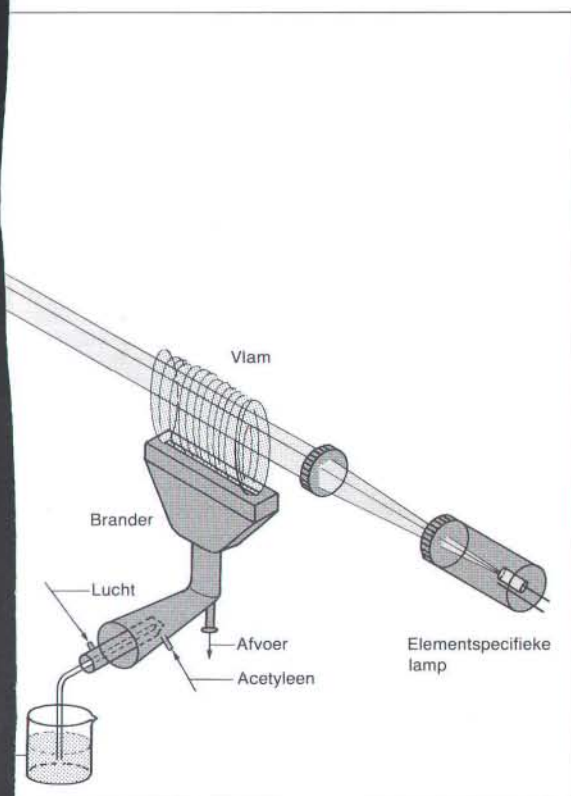
Zoals in de moderne apparatuur gebruikelijk is, is het instrument voorzien van een microcomputer die alle onderdelen regelt (gas-toevoer, lampstroom, versterking) en de berekeningen uitvoert. Het is dan mogelijk om direct een uitlezing van de concentratie te krijgen. Zoals we hiervoor hebben gezien gebeurt dat niet vanzelf, maar moeten we eerst de gevoeligheid (S') vastleggen door enkele oplossingen met bekende concentraties te meten.

Wat zijn nu die concentraties en welke elementen kunnen we met vlam-AAS bepalen? Een aanwijzing daarvoor kunnen we krijgen uit tabel 1. Hierin staan *detectiegrenzen* aangegeven. Dit zijn de laagste concentraties, die nog juist een meetbaar signaal geven. Concentraties lager dan deze grenswaarden kunnen we met de aangegeven methoden niet meten. Concentraties dicht bij deze grenzen zijn niet erg betrouwbaar. We zullen ernaar streven dat de concentraties tenminste tienmaal hoger zijn. Voor een onderlinge vergelijking van elemen-

ten en van analysemethoden zijn de detectiegrenzen in de tabel echter goed bruikbaar.

Omdat in de atoomspectrometrie met oplossingen wordt gewerkt, is het gebruikelijk om de concentraties uit te drukken in mg/l of in $\mu\text{g/l}$ (zie het intermezzo). Als de uitgangsstof een oplossing is, zoals rivierwater, dan is die waarde direct bruikbaar. Als echter het uitgangsmateriaal een vaste stof is (bijv. gras, aspirine, paperclip), dan moeten we de gevonden oplossingsconcentratie nog terugrekenen naar een gehalte in die vaste stof. Dat hangt natuurlijk samen met de hoeveelheid van de vaste stof, die we hebben opgelost. Stel dat we 1 g droge tabak met salpeterzuur behandelen en daarna met water aanvullen tot 100 ml. In die oplossing meten we met vlam-AAS een magnesiumconcentratie van 0,3 mg/l. Dan is het magnesiumgehalte in tabak 0,03 mg/g of 30 ppm (zie het intermezzo).

Uit de tabel blijkt, dat de detectiegrenzen in vlam-AAS nogal uiteenlopen. Sommige ele-



TABEL Detectiegrenzen (laagst meetbare concentraties) in $\mu\text{g/l}$ voor enkele elementen in drie atoomspectrometrische analysemethoden.

Element	Vlam-AAS	Oven-AAS	ICP
Al	20	0,2	20
As*	100	1	50
B	1000	50	5
Ca	1	0,05	0,2
Cd	1	0,015	2
Cl	—	—	—
Fe	5	0,1	5
Hg*	200	—	20
Li	2	0,05	10
Mg	0,2	0,25	0,1
Mn	3	0,05	1
Mo	10	0,1	8
Na	0,4	—	30
P	—	150	70
Pb	20	0,25	40
S	—	—	—
Ti	50	2,5	4
V	20	1	5
W	1000	—	30
Zn	0,6	0,005	2

* Met de hier niet besproken zgn. hybridetechniek (voor As) en koude dampstechniek (voor Hg) kan men 0,1 $\mu\text{g/l}$ bereiken.

menten (Cd, Mg, Zn) kunnen tot een heel lage concentratie gemeten worden, andere (As, B, Hg, W) zijn aanmerkelijk minder gevoelig te bepalen en er zijn ook elementen (Cl, P, S) die helemaal niet bepaald kunnen worden.

Voor de circa 60, hoofdzakelijk metallische elementen, die met vlam-AAS wel goed bepaald kunnen worden, ligt het normale meetbereik rond de 1 mg/l. Dat is bijv. uitstekend om Ca en Mg te meten, die de hardheid van ons water bepalen. Als we ervan uitgaan dat we van een vaste stof enkele grammen in een liter water kunnen oplossen, dan zijn de overeenkomstige gehalten ervan in vaste stoffen ca. 0,1 mg/g. Hogere gehalten kunnen natuurlijk ook bepaald worden door minder stof op te lossen of door meer te verdunnen.

Wat zijn nu de voordelen van de vlam-AAS in vergelijking met andere analysemethoden, die ook dergelijke concentraties kunnen bepalen? Vooral is dat de *selectiviteit*, die een gevolg is van de scherp bepaalde golflengte. Als we in het instrument een koperlamp plaatsen, dan kunnen de fotonen van deze lamp alleen door koperatomen worden geabsorbeerd en niet door andere elementen in de oplossing. De selectiviteit van de AAS maakt het mogelijk om (na oplossen in zuur) rechtstreeks bijv. 0,005 procent koper in staal te meten. Een tweede voordeel van vlam-AAS is dat de bepaling betrouwbaar is.

Tegenover deze twee voordelen staan eigenlijk maar weinig nadelen. Het instrument is prijzig (vanaf 10000 dollar), maar eenvoudig te bedienen. De metingen gaan snel (1 minuut) en kunnen automatisch worden uitgevoerd. Wel herinneren we eraan, dat maar één element tegelijk wordt gemeten. Als we in een monster veel elementen willen bepalen, dan loopt de analysetijd aardig op en hebben we ook meer monsteroplossing nodig.

De vlam-AAS wordt dus vooral gebruikt, wanneer we op eenvoudige wijze niet al te lage gehalten van metallische elementen willen meten.

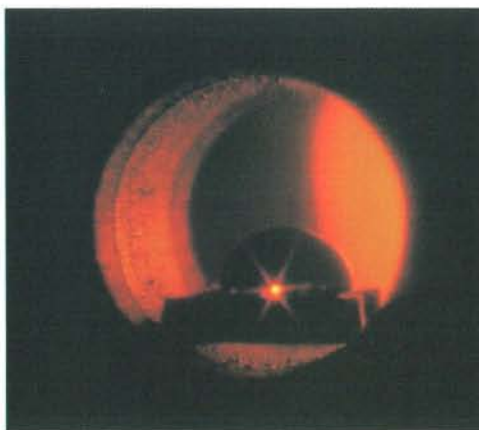
Oven-AAS – de detective

In de milieu-analyse staan we dikwijls voor de opgave om de aanwezigheid van bijzonder schadelijke elementen (Cd, Hg, Pb) tot concentraties van 1 µg/l of lager vast te stellen. Een blik op de tabel leert dat vlam-AAS dan

Onder: Een grafietoventje (lengte 3 cm, diameter 0,5 cm) met daarin 20 µl monsteroplossing. Het druppeltje ligt op een platformpje dat de presentaties van oven-AAS verbetert voor monsters waarin naast het te bepalen element veel andere componenten voorkomen. Op de achtergrond de elementspecifieke lamp.

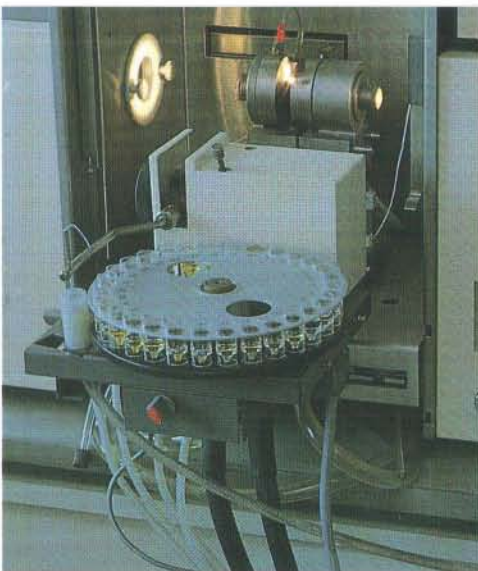
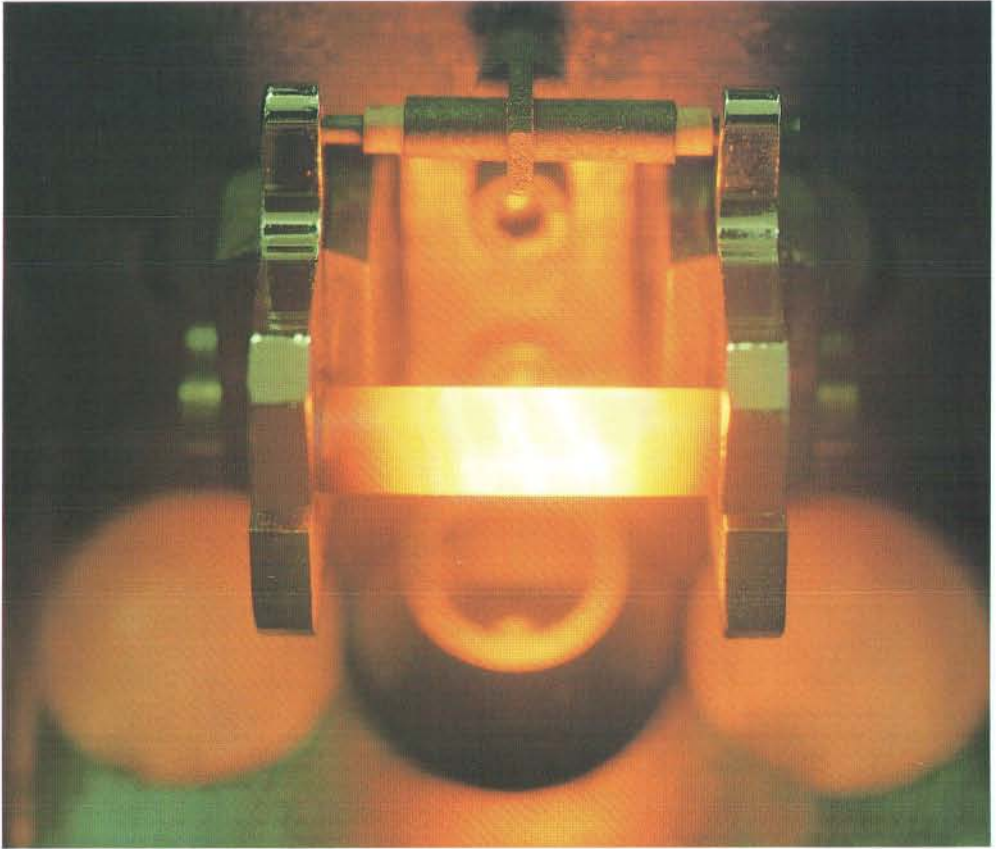
Rechts: Dit grafietoventje wordt door een elektrische stroom via de elektroden aan de uiteinden stapsgewijs opgewarmd tot het element als losse atomen vrijkomt in het oventje en de karakteristieke straling kan absorberen.

Rechtsonder: De automatische injectie vanuit een carousel met monstervaatjes. Met een slangetje aan het armpje (links) wordt een druppel opgezogen en in het oventje gebracht. Na elke injectie wordt automatisch het temperatuurprogramma doorlopen en de lichtabsorptie gemeten. (Foto: Zentralabteilung für Chemische Analysen, hoofd: prof. dr. B. Sansoni, KFA, Jülich).



niet meer toereikend is. In de gezondheidszorg beschikken we niet altijd over de 10 ml oplossing, die de vlam-AAS per bepaling nodig heeft (denk aan bloedmonsters in het ziekenhuis). Voor deze moeilijke problemen beschikken we over een variant van de vlam-AAS, die we op grond van zijn extreem hoge gevoeligheid gerust de detective onder de analysemethoden mogen noemen. Dit is de *oven-atomaire absorptiespectrometrie* of oven-AAS.

Omdat dit ook een absorptietechniek is, kunnen we een groot deel van ons vlaminstrument overnemen. We halen uit fig. 4 de verstuiver en vlam weg en we monteren in plaats daarvan een klein, open buisje, gemaakt van grafiet. De uiteinden worden aangesloten op een regelbare elektrische stroombron. In het buisje brengen we met een pipet een enkele druppel van onze monsteroplossing (20 µl). Nu voeren we met de transformator de elektrische



stroom door het grafiët buisje langzaam op. Als gevolg van de ohmse weerstand wordt het buisje daardoor steeds heter (zie fig. 5).

Eerst zal bij lage temperatuur (100°C) het water uit het druppeltje verdampen. De in het druppeltje opgeloste stof blijft als een dunne laag op de binnenwand van het buisje achter. Nu voeren we de temperatuur op tot zo'n 800°C . We kiezen deze zo, dat een deel van het monster verdampt, maar het element dat we willen bepalen nog achterblijft. Tenslotte sturen we zo'n grote elektrische stroom door het buisje, dat het snel wordt opgewarmd tot boven de 2000°C . De rest van het monster verdampt nu en valt uiteen in losse atomen. Deze atomen kunnen weer straling van de juiste golflengte absorberen, net zoals in vlam-AAS. Uit de gemeten extinctie berekenen we via de ijklijnprocedure de concentratie van het element in het oorspronkelijke druppeltje.

ppm en ppb

In de atoomspectrometrische sporenanalyse wordt steeds gewerkt met gewichtsconcentraties in plaats van de chemisch wellicht juistere molaire concentraties. Gelukkig werkt men steeds meer met mg/l en $\mu\text{g/l}$, maar toch treft men ook nog de begrippen ppm (parts per million, delen per miljoen) en ppb (parts per billion, delen per miljard) aan. Om enig idee te krijgen om welke kleine hoeveelheden het dan gaat volgen hier enkele analogieën.

Het is niet helemaal eerlijk om bijvoorbeeld te zeggen dat 1 ppm overeenkomt met 1 mm op

1 km. Immers, we verliezen dan uit het oog dat de atoomspectrometrie steeds een element meet temidden van een grote hoeveelheid *andere* stoffen. We zouden dan beter kunnen zeggen dat 1 ppm overeenkomt met één rode knikker in een berg van een miljoen witte knikkers. Maar dat spreekt nog niet zo erg aan. Een beter voorbeeld is het volgende:

1 ppm = 1 op 10^6 = 1 mg/kg = 1 mg/l. Dat komt overeen met:

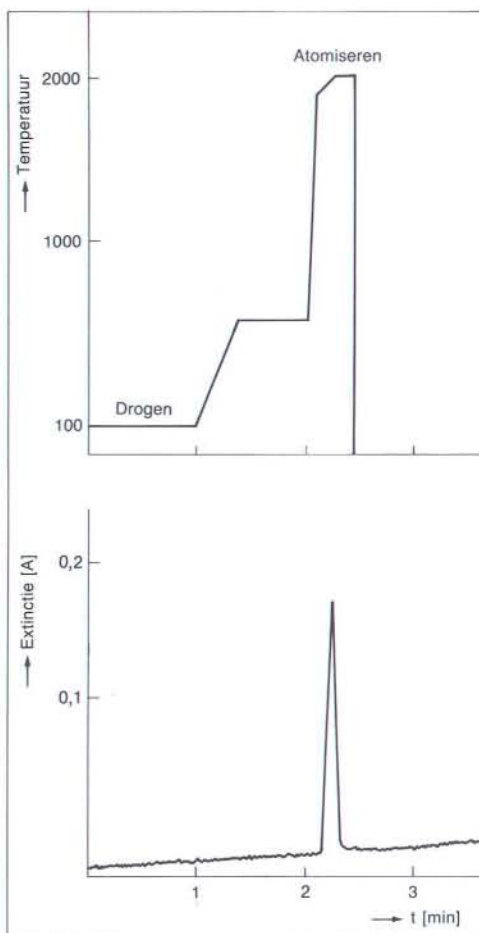
– een appel (200 g) in een flinke rijnaak (200 ton) vol sinaasappelen;

Vergelijking van de detectiegrenzen in de tabel laat zien, dat we op deze manier een grote winst in gevoeligheid kunnen behalen. In oven-AAS zijn de detectiegrenzen 100 keer lager dan in vlam-AAS en voor vele elementen ver beneden de $1 \mu\text{g/l}$. Nu zijn inderdaad bepalingen op het ppb-niveau mogelijk (zie het intermezzo).

Deze grote winst in gevoeligheid hebben we kunnen realiseren, doordat de verdampende atomen niet uitzwermen over een volumineuze vlam, maar geconcentreerd blijven in een kleine ruimte (het ovenvolume is ca. 1 cm^3). Eenzelfde concentratie c in de oplossing geeft dan een veel grotere concentratie van vrije atomen in de atoomwolk.

Met oven-AAS beschikken we over een analysemethode, die bij uitstek geschikt is voor de bepaling van heel lage concentraties. Bij dergelijke *sporenanalyses* hoeven we niet alleen te denken aan milieuverontreiniging (oppervlaktewater, lozingen, vuilstortplaatsen), maar ook aan geologisch onderzoek of aan kleine toevoegingen in hoogwaardige materialen (metaallegeringen, halfgeleiders). Daarnaast gebruikt de oven-AAS ook nog bijzonder weinig monster: 0,1 mg vaste stof in een druppeltje van $20 \mu\text{l}$. Dat is interessant voor klinisch en biologisch onderzoek (bloed, organen), maar ook in de criminologie, het onderzoek van kunstvoorwerpen, enz.

Sporenanalyse is echter niet zonder risico. Het grootste gevaar dat ons bedreigt is *conta-*



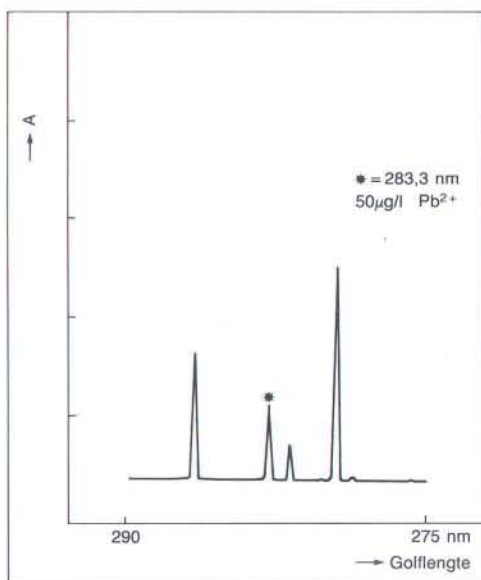
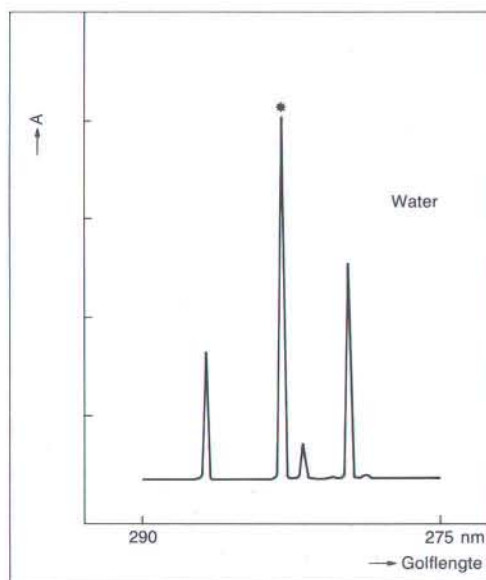
- een bloedvlek van 1 cm² op een witte, marmeren vloer van 10 bij 10 m;
- een steentje van 2 mm in een baal rozijnen van 25 kg.

Nu gaan we nog duizend keer omlaag en komen dan bij: 1 ppb = 1 op 10⁹ = 1 µg/kg = 1 µg/l en dat komt ongeveer overeen met:

- een suikerklonkje (van 2 g) in een 50 m zwembad;
- één Nederlander temidden van alle Chinezen;
- een speld van 5 cm in een hooiberg van 5 bij 5 bij 5 meter!

Linksonder: Fig. 5. Het verloop van de oventemperatuur en het absorptiesignaal in de tijd. Na injecteren en drogen van het monster wordt in de tussenstap bij ca. 800°C een deel van de monstercomponenten verdampt. Uit de absorptiepiek blijkt dat het te bepalen element bij 2000°C snel verdampt en dan uit de oven verdwijnt.

Onder: Fig. 6. Een deel van het spectrum van een elementspecifieke loodlamp. De met een * gemerkte straling is de karakteristieke loodstraling bij 283,3 nm; deze wordt door loodatomen in de vlam geabsorbeerd. De overige straling (o.a. afkomstig van hulpgas in de lamp) wordt niet geabsorbeerd. Voor de meting van lood wordt de golflengteselektor op de loodgolflengte van 283,3 nm ingesteld.



minatie; hieronder verstaan we de onbedoelde verontreiniging van onze apparatuur met stoffen uit de omgeving. Het spreekt vanzelf, dat het laboratorium blinkend schoon moet zijn. Sigarettenrook en cosmetica zijn uit den boze. Het gebruikte glaswerk mag niet met zeep worden afgewassen, maar moet met speciale, schone, chemicaliën gereinigd worden. In extreme gevallen moet ook de luchttoevoer in het laboratorium met filters gereinigd worden. In

dat geval dragen de laboranten ook speciale kleding.

Hoe nodig deze voorzorgen zijn bewijst een enkel voorbeeld. De laatste jaren in het inzicht gegroeid dat vele elementen in zeer lage concentratie een wezenlijke rol (ten goede of ten kwade) spelen in het menselijk lichaam. Om dit na te gaan is het nodig om vast te stellen wat de concentratie van deze elementen in het bloed van gezonde personen is. Tien jaar gele-

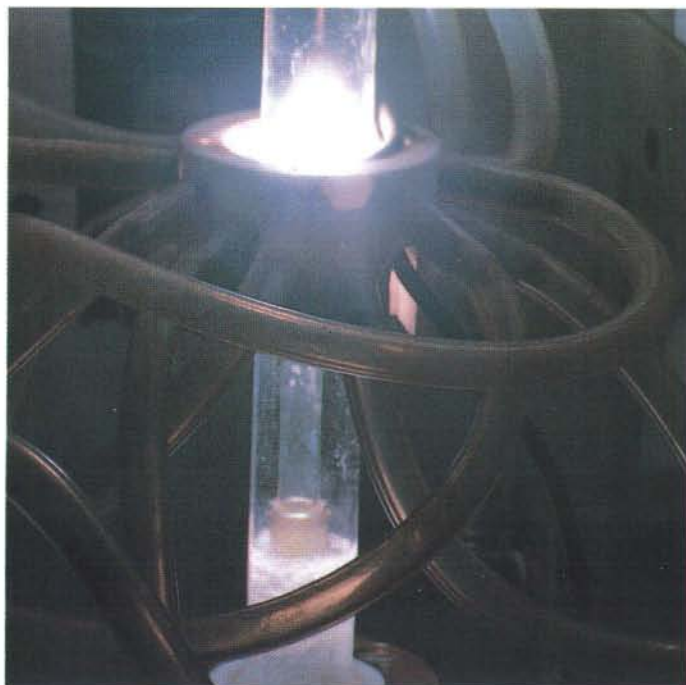
den dacht men dat deze *normaalwaarden* voor elementen zoals kobalt, nikkel en chroom ca. 100 µg/l bedroegen. Het is nu wel zeker dat deze schatting veel te hoog was. Door zorgvuldig werken en een juiste toepassing van oven-AAS is men er van overtuigd, dat de werkelijke concentraties niet hoger zijn dan 1 µg/l. En nog zijn we er niet zeker van, dat de nu gevonden waarden inderdaad juist zijn. Misschien moeten we deze weer na korte of lange tijd bijstellen.

ICP-emissiespectrometrie – de veelvraat

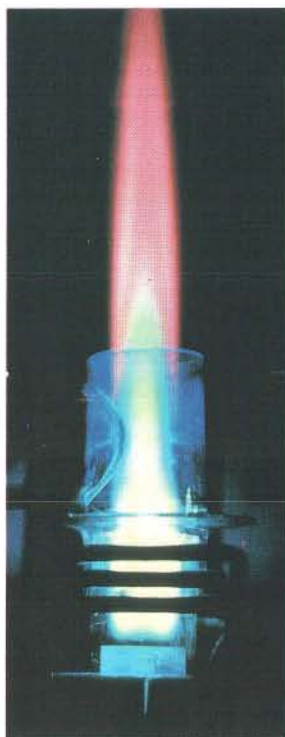
Een praktisch bezwaar van de atomaire absorptiespectrometrie (met vlam of met oven) blijft dat we maar één element tegelijk meten. Voor elk volgend element moeten we de instelling van het instrument veranderen en van lamp wisselen. Hoewel dit voor een beperkt aantal elementen tegenwoordig automatisch gebeurt, blijft het tijd (en monster) kosten. Dit bezwaar wordt ondervangen, als we van absorptie- overgaan op emissiespectrometrie. Immers, alle elementen zullen in de hete atoomwolk (zie fig. 2) gelijktijdig hun karakteristieke fotonen uitzenden.

Als we er nu met de nodige behendigheid in slagen die verschillende golflengten tegelijkertijd te meten, dan bepalen we in één keer alle elementen in het monster. Dat levert een belangrijke tijdswinst.

Voor dit doel is het *inductief gekoppelde plasma* (ICP) ontwikkeld (zie fig. 7). Evenals in de vlam-AAS wordt een oplossing van het monster vanuit een beker aangevoerd en verstovent tot een nevel van fijne druppeltjes. Met argon worden de druppeltjes meegevoerd naar de plasmatoorts. Dit is een stelsel van drie concentrische kwartsbuizen, waaromheen een elektrische spoel is gewonden. Door de spoel loopt een sterke, hoogfrequente wisselstroom. Dit snelwisselende elektromagnetische veld wekt nu (inductief) in het argon tussen de spoel een ringvormige, hete ontlading op. De vernevelde oplossing wordt bij het passeren van de ontlading opgewarmd, waardoor alle stoffen verdampen en in atomen uiteenvallen. De uitgezonden straling wordt waargenomen even boven de toorts, waar de temperatuur zo'n 6000°C is. Bij deze temperatuur zenden alle uit het monster gevormde atomen intensieve straling uit met hun eigen golflengte.

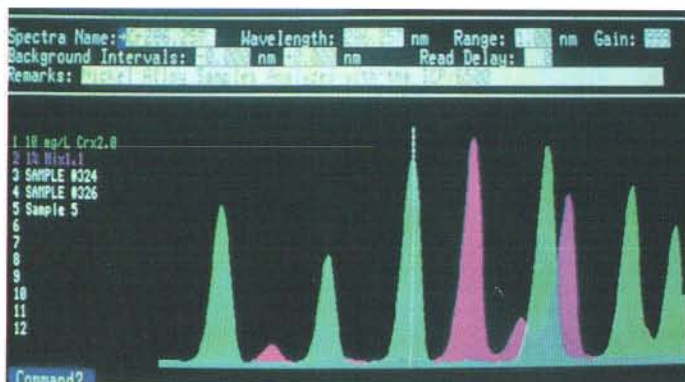


Links: Een inductief gekoppelde plasmatoorts met een argonverbruik van ca. 1 liter per minuut, die in het laboratorium van de auteurs in ontwikkeling is. Deze moet de normale toorts vervangen die ca. 20 liter argon per minuut verbruikt. Om de spoel is een ring met persluchtslangen voor uitwendige koeling van de kwartsbuis aangebracht. Onderin is de dunne introductiebuis voor het verstoven monster zichtbaar.



Links: Bij deze inductief gekoppelde plasmatoorts wordt de hoogfrequente energie via de onderin zichtbare spoel van 3 windingen overgedragen op het argonplasma, dat in een systeem van 3 kwartsbuizen opgewekt wordt. Het kwarts wordt beschermd tegen de plasmatemperatuur van ca. 6000°C door een hoge inwendige koelgasstroom argon. De monsterintrodectie geschiedt van onder. De emissiestraling van de atomen wordt juist boven de zichtbare buitenste kwartsbuis gemeten.

Onder: Een zeer klein deel van het spectrum van een ICP wanneer sporen chroom bepaald worden in een nikkellegering. De in groen afgebeelde pieken zijn van chroom, de paarse van de overmaat nikkel. Een zeer zorgvuldige instelling van de golflengteselektor is nodig om onderlinge storingen tussen diverse elementen uit een mengsel te voorkomen. Het apparaat is ingesteld op de golflengte aangegeven met een stippellijn. Het is natuurlijk ook mogelijk dit spectrum in getallen op papier te verkrijgen.



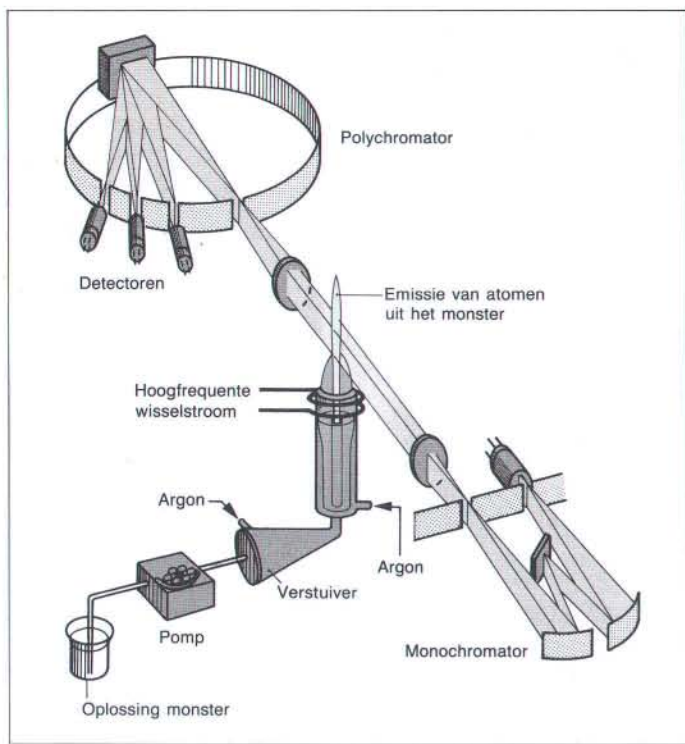
Door nu de golflengteselektor achter het ICP af te stemmen op een bepaalde golflengte kunnen wij de intensiteit meten van straling die karakteristiek is voor een zeker element, bijv. kobalt. Met behulp van de ijklijnprocedure (zie fig. 3) bepalen we uit de gemeten intensiteit de kobaltconcentratie in de meetoplossing. Vervolgens stemmen wij de golflengteselektor af op een volgende golflengte, karakteristiek voor een volgend element en herhalen de meting, waardoor we achter de concentratie van mangaan komen, enz.

Deze werkwijze wordt inderdaad veel toegepast. Het voordeel is dat we gebruik kunnen maken van één stralingsdetector en één meter. Anderzijds zal het duidelijk zijn, dat op deze manier de verschillende elementen in het monster toch weer na elkaar (*sequentieel*) gemeten worden. Hoewel de wisseling van golflengte (en dus van element) door computerbesturing snel en automatisch verloopt, vergt dit toch enige tijd.

Het is echter ook mogelijk achter de golflengteselektor meer detectoren op te stellen en

wel zodanig, dat één is afgestemd op kobalt, de volgende op mangaan, de derde op ijzer enz.; tot wel dertig verschillende elementen toe. Hiermee is dus een echte gelijktijdige of *simultane* analyse van enkele tientallen elementen mogelijk. Omdat de meting van één monster binnen een halve minuut is afgewerkt, kunnen we zo een paar duizend gegevens per uur verkrijgen. De simultane, multi-element ICP atomaire emissiespectrometrie is dus echt een veelvraat onder de analysemethoden. Het spreekt vanzelf dat we een computer op het apparaat aansluiten om deze stroom gegevens te verwerken.

Om een aantal redenen is het ICP bij uitstek geschikt voor simultane analyse. Uit de detectiegrenzen in de tabel zien we dat de methode niet alleen gevoelig is, maar ook dat die gevoeligheid voor veel elementen ongeveer hetzelfde is. Het is dus mogelijk in één oplossing verschillende elementen onder 1 mg/l te bepalen. Een verder voordeel is dat de lineaire ijklijn voor de intensiteit als functie van de concentratie (fig. 3) tot hoge concentratie geldt



Links: Fig. 7. Een volledige meetopstelling rond een inductief gekoppeld plasma. Het opgeloste monster wordt door verstuiwing in het plasma gebracht. De emissie van de verschillende elementen kan op 2 manieren gemeten worden. Een golfengteselector met één detector (monochromator) meet de elementen snel achtereenvolgens (snel sequentieel). Een golfengteselector met meerder detectoren (polychromator) meet alle elementen tegelijkertijd (simultaan). In beide gevallen is een computer nodig voor sturing en gegevensverwerking.

Onder: Voor het bepalen van zware metalen in het milieu worden op bepaalde plaatsen van tijd tot tijd watermonsters genomen.

blijft. We zeggen dat de analysemethode een groot meetbereik heeft. En tenslotte heeft het ICP de aantrekkelijke eigenschap, dat de verschillende bestanddelen van de monsteroplossing elkaar weinig of niet beïnvloeden. De storingen, waarvan we in de vlam-AAS soms en in de oven-AAS vrij vaak last hebben, treden in het ICP nauwelijks op.

Het is wel duidelijk dat we vooral dan over zullen gaan op deze analysemethode, wanneer we veel monsters moeten analyseren en in elk monster ook nog verschillende elementen. Zijn het sterk uiteenlopende monsters met niet te veel, maar wel wisselende elementen, dan ligt het voor de hand een sequentieel apparaat te kiezen. Moeten we echt grote aantallen van steeds dezelfde elementen in gelijksoortige monsters meten, dan betaalt het duurdere simultane apparaat zichzelf snel terug.

Ook het ICP werkt met oplossingen. Voor vloeibare of makkelijk oplosbare monsters is dat geen probleem. Hierbij valt niet alleen te denken aan oppervlaktewater, urine en bloed, maar ook aan smeerolie (verdunnen met xy-



leen), aan plantaardig en dierlijk materiaal (na behandeling met salpeterzuur) en aan makkelijk op te lossen zouten. Voor legeringen, ertsen, gesteenten en grond is dat minder eenvoudig. De ICP-analyses gaan wel snel, maar dat helpt ons weinig als we veel tijd moeten besteden om al die monsters opgelost te krijgen. Er zijn wel werkwijzen voorgesteld om dergelijke vaste stoffen rechtstreeks in het ICP te verdampen, maar veel succes heeft men nog niet geboekt.

Ter afsluiting nog een laatste blik op de tabel. Aan de daarin gegeven detectiegrenzen zien we, dat het ICP ongeveer het midden houdt tussen vlam- en oven-AAS. Zowel qua monsterhoeveelheid als qua detectiegrens is het ICP de mindere van oven-AAS en beter vergelijkbaar met de beste prestaties van vlam-AAS. Het ICP bereikt deze resultaten echter voor een veel groter aantal elementen, waaronder enkele bijzonder lastige, zoals borium, titaan en wolfram. Het ICP slaagt daarin door een combinatie van een hoge temperatuur en een inerte atmosfeer (argon), waardoor alle elementen van het opgeloste monster vrijwel volledig in atomen worden omgezet.

Slot

In dit artikel hebben we kennis gemaakt met atoomspectrometrische analysemethoden. Ze berusten op de eigenschap van losse atomen om straling met een karakteristieke golflengte zowel te kunnen absorberen als uitzenden. Met deze onderling samenhangende analysemethoden kunnen (hoofdzakelijk) metallische elementen in oplossing gemeten worden. Door de grote gevoeligheid kunnen zowel hoge als bijzonder lage concentraties gemeten worden. Door de grote selectiviteit zijn bepalingen ook in onderlinge aanwezigheid van meerdere elementen zeer goed mogelijk.

Dank zij de atoomspectrometrie kunnen we een snel en betrouwbaar inzicht krijgen in de milieuproblematiek die het gevolg is van de lozing van zware metalen. Maar ook voor vele andere problemen bieden deze methoden een oplossing. Een atoomspectrometer behoort dan ook tot de standaarduitrusting van elk analytisch laboratorium. In de kleinere laboratoria is dat een vlam-AAS; in grotere ook een oven-AAS en als het analyse-aanbod erg groot is, dan zien we het ICP verschijnen.

Literatuur

- Beatty, R.D., (1978). *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrometry*. The Perkin Elmer Corporation, verkrijgbaar bij Perkin Elmer, Gouda.
- Ebdon, L., (1981). *An Introduction to Atomic Absorption Spectrometry - A Self Teaching Approach*. Wiley Heyden, London. ISBN 0-85501-714-7.
- Price, W.J., (1979). *Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption*. Heyden, London. ISBN 0-85501-455-5.
- Klok, A., Kornblum, G.R., Galan, L. de, (1981). *Het Inductief Gekoppeld Plasma (ICP) - Een nieuwe analyse-methode voor het bepalen van metalen in oplossing*. H₂O 14, pag. 636-641.
- Boumans, P.W.J.M., Boer, F.J. de, Ruiter, J.W. de, (1973). *Een gestabiliseerde hf. argon plasmafakkel voor emissiespectrometrie*. Philips Technisch Tijdschrift 33, 2, pag. 51-60.
- Thompson, M., Walsh, J.N., (1983). *A handbook of ICP Spectrometry*. Blackie, Glasgow. ISBN 0-216-914336-1.

Bronvermelding illustraties

- ANP-foto, Amsterdam: pag. 378-379, 387 onder.
- Karl Peters (fotograaf), Kernforschungsanlage Jülich, BRD: pag. 379.
- J.A.B. Verduijn, Natuur en Techniek/m.m.v. de afdeling Biochemie, Biomedisch Centrum, RU Limburg, Maastricht: pag. 382-383 onder.
- Philips/Pye Unicam, Eindhoven: pag. 387 boven.
- Perkin-Elmer Nederland B.V., Gouda: pag. 391.
- De overige illustraties zijn afkomstig van de auteurs.



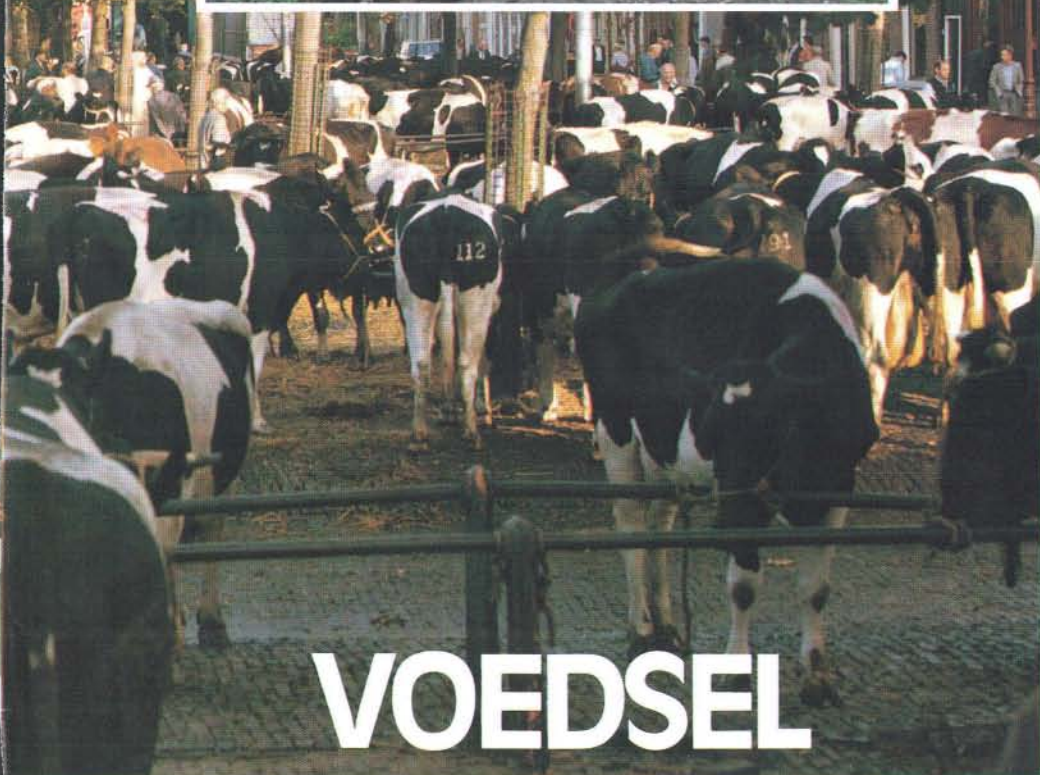


De voedselsituatie in de wereld is een verhaal van uitersten: van overvloed en gebrek, hier gesymboliseerd door het vee dat aangeboden wordt op de markt in Purmerend en het uitgemergelde kadaver van een koe, ergens in de Sahel.

EURO
ARTIKEL

De tegenstelling tussen arme en rijke landen in de wereld komt zeer scherp tot uiting in de wereldvoedselsituatie. Aan het ene uiterste zien we de weldoorvoede westerling; aan het andere tot op het bot vermagerde mensen in bijv. Ethiopië, die helemaal niets te eten hebben.

Te veel of te weinig voeding is



VOEDSEL

ongezond. Maar ook de kwaliteit van het voedsel is van belang. In veel ontwikkelingslanden zijn de mensen op het oog goed gevoed, maar tegelijk zo eenzijdig dat zij aan ernstige gebreksziekten kunnen lijden. Alleen een vergaande verbetering van de sociaal-economische positie van die landen biedt op langere termijn soelaas.

Gebrek in overvloed

E. DeMaeyer
Université de Louvain-la-neuve

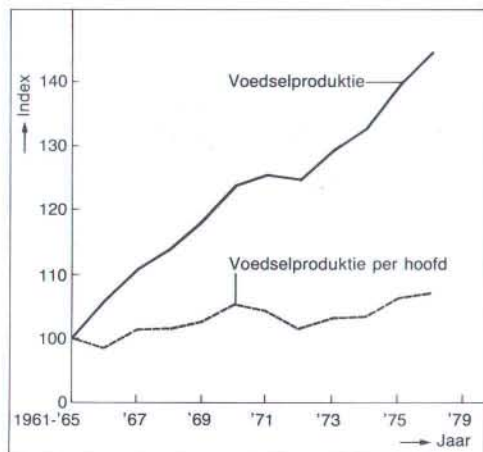
Overvloed

Het is onmogelijk een overzicht te geven van de wereldvoedselsituatie zonder onderscheid te maken tussen geïndustrialiseerde landen en ontwikkelingslanden. Tussen de laatste bestaan ook grote verschillen; sommige van deze landen ontwikkelen zich snel en kunnen wel dra tot de ontwikkelde landen worden gerekend. In andere staat de ontwikkeling stil of is zelfs sprake van achteruitgang. Aard en omvang van de voedselproblemen hangen af van het ontwikkelingspeil van de diverse landen. In sommige gevallen lopen de problemen van streek tot streek uiteen, zoals in Brazilië waar het zuiden geïndustrialiseerd en relatief welvarend is, terwijl het noorden voornamelijk agrarisch en onderontwikkeld is.

Het belangrijkste probleem in de geïndustrialiseerde landen is een te hoge en slecht uitgebalanceerde voedselconsumptie. Uit studies van de beschikbare hoeveelheden voedsel door de FAO, de voedsel- en landbouworganisatie van de VN, blijkt dat talrijke geïndustrialiseerde landen een voedselaanbod hebben dat de behoefte met 50 procent overtreft. De toevoer van calorieën per individu is te hoog, vanwege

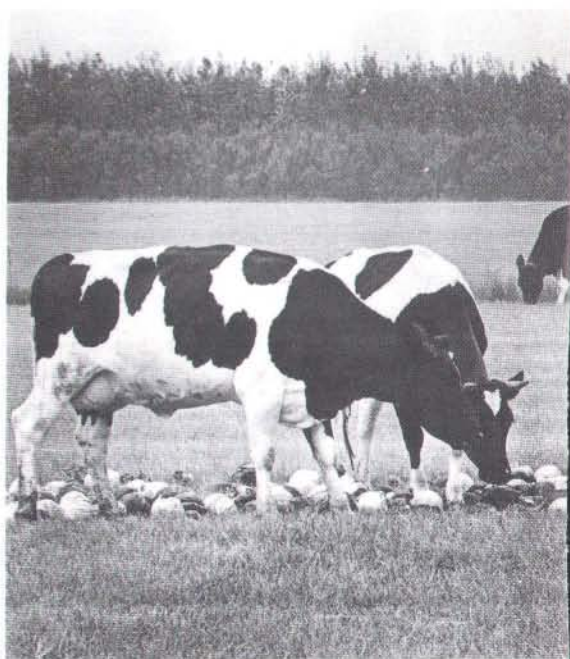
het grote aandeel van de vetten in het dieet. Deze leveren namelijk 32 tot 42 procent van de totale energie terwijl deze hoeveelheid voor een gezonde voeding niet hoger mag zijn dan 30 procent. Alleen in Japan ligt dit percentage lager, hoewel ook daar een zeer sterke stijging van het vetgebruik plaats heeft. Het is niet gemakkelijk het gebruik van vetten in de westerse wereld drastisch te verminderen, aangezien deze grotendeels in vlees voorkomen en de vleesproductie nog steeds toeneemt.

Tegelijk met de stijging van het vetverbruik, valt een stijging van het suikerverbruik en een daling van de consumptie van zetmeelhoudende producten en plantaardige vezels waar te nemen. Zo is in Nederland het aardappelverbruik van 1935 tot 1983 gehalveerd (van 158,6 kg per persoon per jaar tot 83 kg). Het verbruik van suiker is daarentegen in dezelfde periode verdubbeld, van bijna 20 kg per persoon per jaar tot 41 kg. Voor België gelden vergelijkbare cijfers. Het toenemend verbruik van suiker in de voedingsmiddelen- en frisdrankenindustrie, waarvan de consument zich nauwelijks bewust is, is grotendeels verantwoordelijk voor deze stijging. Deze veranderingen in de voeding hebben velerlei gevolgen: overge-



Boven: Fig. 1. De totale voedselproductie in de Derde Wereld is de laatste 20 jaar drastisch toegenomen; per hoofd van de bevolking is dat echter nauwelijks het geval.

Rechts: Tekenen van overvloed. 'Doorgedraaide' kolen, die op de veiling te weinig opbrachten, worden aan het vee gevoerd.



wicht, toeneming van tandbederf, neiging tot constipatie, toeneming van hart- en vaatziekten, kanker van de dikke darm en darmuitzakkingen, om er maar een paar te noemen.

Gebrek bij overvloed

Alleen een aantal zeer kwetsbare groepen vertoont nog in beperkte mate gebreks- of deficiëntieverschijnselen. Met name bloedarmoede ten gevolge van ijzergebrek bij vrouwen tussen 15 en 45 jaar en zwangere vrouwen, komt, doorgaans gepaard aan een tekort aan de vitamine foliumzuur, vrij veel voor. Daarnaast komen bij ouderen, waarvan het aantal steeds toeneemt en die het in materieel opzicht soms moeilijk hebben, gebreksverschijnselen voor als gevolg van een eenzijdige, vitamine- en mineraalarme voeding.

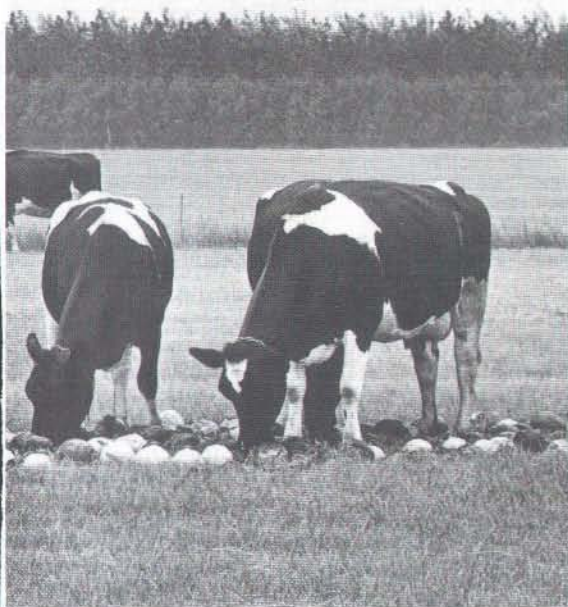
De deficiëntieziekten als gevolg van slechte voeding, welke in het verleden op grote schaal voorkwamen, zijn in de ontwikkelde wereld sinds het begin van deze eeuw vrijwel geheel verdwenen. Het aantal gevallen van scheurbuik, pellagra, beriberi en endemische krop is vanzelf teruggelopen, zonder dat speciale maatregelen zijn getroffen.

De beriberi (gebrek aan vitamine B1, thiamine) in Japan is een typerend voorbeeld. Deze ziekte bereikte in 1923 een hoogtepunt met 27000 sterfgevallen. Daarna nam zij snel af, lang voor de industriële productie van thiamine (in 1938) op gang kwam. De oorzaak hiervan wordt gezocht in een algemene verhoging van de levensstandaard.

De enige echte uitzonderingen bij deze vooruitgang zijn rachitis en bloedarmoede als gevolg van ijzergebrek (anemie). Hoewel rachitis in Europa en Noord-Amerika altijd al heeft bestaan, heeft de ongebreidelde industrialisatie in de 19e eeuw het probleem verergerd door de daarmee gepaard gaande luchtvervuiling. Pas in het begin van deze eeuw kreeg men deze aandoening onder controle door periodieke verstrekking van vitamine D aan kleuters. Naderhand zijn melk en margarine met vitamine D verrijkt. Bovendien wordt het lichaam tegenwoordig meer aan zonne- en ultraviolette straling blootgesteld, waarbij in de huid vitamine D gevormd wordt.

IJzerebreksanemie wordt nog waargenomen in geïndustrialiseerde landen waar geen speciale controlemaatregelen gelden, vooral bij kleuters en geslachtsrijpe (15-45 jaar) en zwangere vrouwen. De sociaal-economische ontwikkeling heeft hierop weinig invloed. Bij kinderen gaat deze dikwijls gepaard met een hoog melkverbruik; melk is vrij arm aan ijzer. Bij volwassen vrouwen leidt het gebruik van meer 'verfijnde' voedingsmiddelen (wit meel in plaats van volkoren meel) en de afnemende energiebehoefte bij een geringe lichamelijke activiteit, tot een geringere ijzervoorziening. De toevoer van ijzer is immers recht evenredig met de energievoorziening (circa 6 mg ijzer per 1000 calorieën). Een groot percentage volwassen vrouwen heeft vrij veel ijzer nodig. De behoefte wordt ternauwernood of zelfs helemaal niet door de normale voeding gedekt. Vandaar dat veel vrouwen die zwanger worden met onvoldoende ijzerreserves aan bloedarmoede gaan lijden als het tekort niet snel wordt aangevuld.

Het blijkt dus dat, hoewel in de meeste gevallen de voedselproblemen zich vanzelf hebben opgelost door een verbeterde levensstandaard, bij rachitis en bloedarmoede door ijzergebrek de voeding met specifieke voedingsstoffen moet worden aangevuld om de bevolking afdoende te beschermen.



Ondervoeding

In de ontwikkelingslanden ligt de voedselsituatie geheel anders, met uitzondering van een aantal landen die reeds een hoog economisch peil hebben bereikt, zoals Taiwan en Singapore.

Naast deze landen zijn er heel wat ontwikkelingslanden met onderling zeer uiteenlopende voedingsproblemen.

In sommige landen, zoals de Sahel-landen, lijdt de hele bevolking, uitgezonderd de hoogste maatschappelijke klassen, aan ondervoeding. In andere lijkt de volwassen bevolking zelfs weldoorvoed. In al deze landen komt toch vaak calorie-eiwitdeficiëntie voor, evenals specifieke deficiëntieziekten zoals xeroftalmie (gebrek aan vitamine A), rachitis en anaemia alimentaria (bloedarmoede als gevolg van ondervoeding). In talrijke landen wordt krop en endemisch cretinisme als gevolg van jodiumgebrek aangetroffen. Naast deze sterk verspreide deficiëntieziekten, komen hier en daar gevallen voor van pellagra (vitamine B-gebrek) in India en beriberi in Birma en op de Filipijnen, om slechts een paar aandoeningen te noemen.

De beschikbare hoeveelheden voedsel lopen van land tot land zeer sterk uiteen; in sommige landen zijn deze toereikend, doch in andere landen worden de behoeften niet gedekt. Het voedingspatroon in alle ontwikkelingslanden vertoont evenwel grote gelijkenis: rijk aan zetmeelhoudende stoffen en betrekkelijk arm aan vetten en dierlijke eiwitten. Het suikergebruik is over het algemeen vrij laag. Hoewel de ontwikkeling van nieuwe variëteiten (tarwe, rijst) een spectaculaire produktiestijging van granen voor menselijke consumptie heeft mogelijk gemaakt, heeft de consumptie per hoofd van de bevolking hiermede geen gelijke tred gehouden als gevolg van de bevolkingsexplosie die zich in vele landen (zie figuur 1) heeft voorgedaan. Ook valt op korte termijn geen stijging van het verbruik van dierlijke produkten te verwachten daar deze betrekkelijk schaars en duur zijn. De produktiestijging van plantaardige vetten is voornamelijk bestemd voor de export, de plaatselijke consumptie neemt slechts langzaam toe.

We zullen nu nader ingaan op de meest voorkomende gevolgen van voedselgebrek, in het bijzonder de gebreksziekten.

Onder: Honger en een dikke buik kunnen samengaan. Bij extreem eiwitgebrek wordt de osmotische balans van het lichaam verstoord, waardoor o.a. vochtophoping in de buik optreedt.

Geheel onder: Een te hoge consumptie is in onze streken de gangbare oorzaak.

Rechts: Moeders en kinderen met ernstige gebreksziekten worden in dit ziekenhuis in T Chad weer op de been geholpen.





Calorie-eiwitdeficiëntie

Calorie-eiwitdeficiëntie komt vrij veel voor bij zuigelingen als deze geen borstvoeding meer krijgen en in mindere mate bij schoolkinderen, adolescenten en zogende vrouwen. Het is een typisch verschijnsel van onderontwikkeling, dat het gevolg is van te weinig calorieën en eiwitten in de voeding, slechte hygiënische omstandigheden, gebrekkige voorlichting aan de moeder omtrent de verzorging van het kind en in het algemeen uit de heersende armoede. Kinderen die hieraan lijden worden in hun lichamelijke ontwikkeling belemmerd; in een vergevorderd stadium kan het zelfs tot de dood van de patiënt leiden.

In de wereld lijden circa 40 miljoen kleuters aan acute en ongeveer 125 miljoen aan chronische ondervoeding. Bovendien zijn ongeveer 125 miljoen kinderen in min of meer ernstige



Links: Dit zeer ernstige ondervoede meisje in Pakistan woog bij haar opname in een ziekenhuis 4050 gram. Ze was toen 2 jaar oud. Na drie weken was haar gewicht toegenomen tot 5840 gram, het gewicht van een gezond kind van zes maanden.

Rechtsomder: Pellagra, veroorzaakt door een tekort aan vitamine B, uit zich onder andere in ernstige huidontstekingen.

mate ondervoed. Het overgrote deel van deze kinderen leeft in Azië. Waarschijnlijk sterven jaarlijks 10 miljoen van de 40 miljoen acuut ondervoede kinderen.

De preventie van dit gebrek is een complexe zaak en vereist een serie maatregelen die moeilijk uitvoerbaar zijn als er geen verbetering komt in de sociaal-economische omstandigheden van de bevolking.

Een aantal maatregelen kan evenwel verbetering in de situatie brengen, zoals: toezicht op de voeding van het kind door regelmatig wegen, vaccinatie tegen besmettelijke kinderziekten, voorkoming van uitdroging bij diarree, voorlichting over de voeding en over de verzorging van jonge kinderen. Deze maatregelen zijn niet realiseerbaar zonder een infrastructuur van primaire gezondheidszorg; de ontwikkeling daarvan is dan ook een eerste vereiste.

Xeroftalmie

Alle oogandoeningen als gevolg van vitamine A-gebrek vallen onder de noemer xeroftalmie. Deze aandoening komt in Aziatische en Afrikaanse landen veelvuldig voor; op het Amerikaanse halfrond nog slechts sporadisch. In een ernstig stadium leidt deze ziekte tot blindheid, doordat het hoornvlies en in sommige gevallen de gehele oogbol wordt vernietigd. Vooral jonge kinderen tussen een half en vijf jaar lijden eraan; de ziekte komt bij jongens vaker voor dan bij meisjes. In de ontwikkelingslanden is de stoornis de belangrijkste oorzaak van blindheid bij kleuters. In de hele wereld komen naar schatting 8-9 miljoen gevallen van xeroftalmie voor.

De aandoening kan het best worden voorkomen door verbetering van de voeding en vooral door verhogen van de produktie en con-

sumptie van provitamine A (bèta-carotine). Bèta-carotine wordt voornamelijk aangetroffen in geel gekleurd fruit, zoals papaja's, mango's, alsmede in donkergroene bladeren. Vitamine A (retinol) komt slechts voor in dierlijke producten zoals melk en lever. Het is helaas moeilijk om een hoger verbruik van dierlijke produkten aan te bevelen wegens de kosten en soms ook de taboes. Daarom worden sommige voedingsmiddelen met vitamine A verrijkt. Dergelijke verrijkingsprogramma's zijn in ontwikkelingslanden helaas moeilijk uit te voeren. Een andere oplossing is het periodiek verstrekken (om de 4 tot 6 maanden) van een hoge dosis vitamine A (200 000 I.E.) aan alle kinderen tot 5 jaar. De resultaten zijn, naar het lijkt, voortreffelijk en hebben, met name in India, tot een spectaculaire daling van het aantal gevallen van blindheid als gevolg van vitamine-tekort geleid.

Anaemia alimentaria

Deze vorm van bloedarmoede wordt in de regel veroorzaakt door een tekort aan ijzer, al of niet gecombineerd met een gebrek aan foliumzuur. IJzerdeficiëntie komt verreweg het meest voor, vooral bij te vroeg geboren en zeer jonge kinderen (tot 3-4 jaar) en vruchtbare (15-45 jaar), zwangere en zogende vrouwen.



Mannen lijden er zelden aan, alleen degenen die blootsvoets op bouwterreinen of plantages werken en als gevolg van parasiet-infecties veel bloedverlies lijden, lopen risico's. Tekort aan foliumzuur ontstaat vooral tijdens de zwangerschap, wanneer de behoefte aan deze voedingsstof sterk toeneemt.

Anaemia alimentaria komt frequent voor in alle ontwikkelingslanden: geschat wordt dat 220 miljoen vrouwen in deze landen (uitgezonderd China) en een gelijk aantal kleuters eraan lijdt. Daarbij dient men te bedenken dat bloedarmoede ten gevolge van ijzergebrek slechts het eindstadium van het ziekteproces is en dat lang voordat anemie optreedt al sprake is van tekort aan ijzer. Een en ander blijkt uit onderzoek in India, waar 50 procent van de zwangere vrouwen aan bloedarmoede lijdt, terwijl maar liefst 95 procent een tekort aan ijzer vertoont. De grote kwetsbaarheid van vrouwen wordt verklaard uit het feit dat hun behoefte aan ijzer 2 tot 3 maal zo groot is als die van mannen wegens het bloedverlies door de menstruatie; kinderen hebben met het oog op de groei veel ijzer nodig.

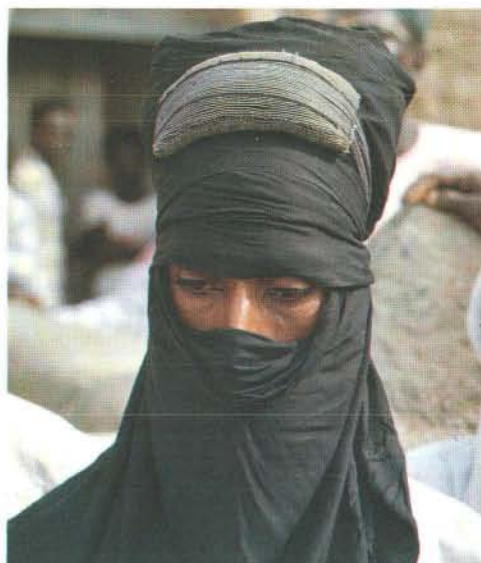
Dat anemie in Azië veelvuldiger voorkomt dan overal elders kan waarschijnlijk worden verklaard uit het feit dat een groot gedeelte van de bevolking het vegetarisme aanhangt. Een hoger gebruik van dierlijke produkten en vitamine C zou in principe helpen, maar dat is om die reden in de praktijk moeilijk te verwezenlijken. De mogelijkheid om aan risicogroepen extra ijzer te verstrekken vereist een infrastructuur op het gebied van de gezondheidszorg die maar al te vaak ontbreekt. De beste oplossing is een verrijking van een veelgebruikt voedingsmiddel. Momenteel worden hiertoe verschillende pogingen gedaan, onder andere in India, Guatemala en Thailand, waar aan de verrijking van respectievelijk keukenzout, suiker en vissaus wordt gewerkt.

Endemische krop

Endemische krop komt veel voor en is op zich niet ernstig, ware het niet dat deze vaak gepaard gaat met cretinisme, een groeistoornis als gevolg van een slecht functionerende schildklier. Krop wijst op een onvoldoende toevoer van jodium. De vergroting van de schildklier levert alleen problemen op wanneer deze omliggende organen samendrukt.



Boven: Jodiumgebrek kan tot krop leiden. Bij deze ziekte is de schildklier sterk vergroot. Vooral in combinatie met groeistoornissen in dit ernstig.



Boven: Gebrek aan zonlicht op de huid kan tot vitamine-D gebrek leiden. Dit hoeft niet tot onze sombere streken beperkt te blijven.

In bepaalde gebieden, o.a. in de Andes, de Himalaya en Centraal Afrika, kan krop zeer veelvuldig voorkomen en een hoog percentage van de bevolking, in sommige gevallen tot 70 à 80 procent, aantasten. De aandoening komt bij vrouwen vaker voor dan bij mannen. In deze gebieden kunnen tot 7 à 8 procent van de mensen door cretinisme worden aangetast. Momenteel lijden ruim 200 miljoen personen aan endemische krop.

Naast jodiumgebrek kunnen ook andere factoren een rol spelen, zoals genetische factoren of de aanwezigheid van kropverwekkende stoffen in de voeding. De dagelijkse behoefte aan jodium van een volwassene is 100 à 150 microgram. Indien deze behoefte niet door de voeding wordt gedekt, treedt een vergroting van de schildklier op. Daar meisjes in de puberteit deze stof het meest nodig hebben, vertonen zij het eerst tekenen van jodiumgebrek.

Kropgebieden komen doorgaans voor in landen waar de bewoners voedingsmiddelen gebruiken die ze zelf ter plaatse produceren. Als de bodem arm aan jodium is, zijn de voedingsmiddelen het ook. In een moderne volks-

huishouding, komen de voedingsmiddelen uit diverse bronnen, waardoor in de praktijk de diverse voedingsmiddelen waaruit het voedselpakket bestaat, elkaar aanvullen.

De beste manier om endemische krop te voorkomen is toevoeging van jodium aan de voeding; dit geschiedt in de regel door verrijking van een voedingsmiddel, brood of keukenzout, met jodium. De techniek van de verrijking is eenvoudig, de kosten zijn vrij laag: per jaar niet meer dan 1 dollarcent per persoon. Wanneer verrijking van een voedingsmiddel om logistieke of andere redenen niet mogelijk is, kan worden overgegaan tot inspuiting met gejodeerde olie. Toediening van 1 ml (475 mg jodium) is meestal voldoende om gedurende vijf jaar de behoefte te dekken. Deze vorm van preventie is uiteraard duurder dan verrijking van keukenzout, maar wel verantwoord wanneer er veel cretinisme voorkomt en andere middelen ontbreken.

Rachitis

Deze deficiëntieziekte werd lange tijd kenmerkend geacht voor het grauwe noorden met

een minimum aan zonneschijn en een sterke industriële verontreiniging. Thans wordt algemeen aangenomen dat deze aandoening ook zeer frequent in talrijke sub-tropische landen voorkomt. Het ontstaan van deze ziekte is het gevolg van kledinggewoonten en van het feit dat jonge kinderen binnenshuis worden gehouden om ze te behoeden voor mogelijke gevaren (zwervende honden, wilde dieren). Het huidoppervlak wordt daardoor in geringe mate aan ultraviolette stralen blootgesteld, wat tot rachitis leidt.

Zeer veel gevallen zijn waargenomen in Noord-Afrika. Daar lijdt soms 40 procent van de kinderen van één tot twee jaar in ernstige mate aan rachitis. In een ernstige vorm leidt de ziekte tot de dood; zij laat in de regel onuitwisbare littekens in het beendergestel achter. De meest eenvoudige vorm van preventie is periodieke toediening van vrij hoge doses vitamine D. Uit het voorbeeld van de Europese landen blijkt dat deze methode efficiënt en vrij voordelig is. Ook kunnen bepaalde voedingsmiddelen worden verrijkt, zoals margarine en melk.

Concluderend kan worden gesteld dat de meest voorkomende vormen van ondervoeding (calorie-eiwitdeficiëntie, xeroftalmie, anemia alimentaria, endemische krop en rachitis) in de meeste ontwikkelingslanden worden

aangetroffen. Verwacht mag worden dat deze ziekten, naarmate de sociaal-economische situatie en de hygiënische omstandigheden verbeteren, terug zullen lopen.

Er bestaan tegenwoordig heel wat mogelijkheden bestaan om sneller tot een betere preventie te komen. De zogenaamde primaire gezondheidszorg zou daarbij in een groot aantal ontwikkelingslanden de nodige steun kunnen verlenen bij de verwezenlijking van dit doel, waardoor dit sneller wordt bereikt dan via het sociaal-economisch ontwikkelingsproces.

Literatuur

- Hermus, R.J.J., Kroes, R., (1982). *Voeding, gezondheid en ziekten - Verbanden en misverstanden*. Natuur en Techniek 50, 8. Cat. nr. 82081.
Groot, E.H., Oets, J., (1976). *Alternatieve voeding - Gezondheidsvoedsel*. Natuur en Techniek 44, 8. Cat. nr. 408.
Postmes, Th.J., (1985). *Voedingsvezels - Gangmakers van de spijsvertering*. Natuur en Techniek 53, 1. Cat. nr. 85014.

Bronvermelding illustraties

- Agence Hoa-qui, Parijs: pag. 394-395, 398, 399, 402.
Landinrichtingsdienst, Ministerie van Landbouw, Utrecht: pag. 394-395.
Kors van Bennekom, Amsterdam: pag. 396-397.
Paul Mellaart, Maastricht: pag. 398-399 (onder).
WHO, Genève: pag. 400, 401, 403.

Onder: Dit kind in Indonesië lijdt aan kwashiorkor als gevolg van eiwitgebrek. Deze ziekte komt vaak voor bij peuters die niet meer gezoogd worden.



ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Zonne-auto

Australië is een zonnig land. Dat er het nodige onderzoek naar de mogelijkheden van zonne-energie wordt gedaan ligt dan ook voor de hand. Dat je ook een auto door de zon kunt laten aandrijven hebben twee Australiërs kort geleden bewezen.

Zij bouwden een voertuig waarvan het meest in het oog springende onderdeel het dak is. Dat bestond uit een grote plaat met daarop 720 zonnecellen. Daaronder bevindt zich een 'romp' van fiberglas en de vier fietswielen, waar het ding op voortrolt.

Dat het echt vooruit komt bewezen zij door in drie weken dwars door Australië te rijden, van Perth naar Sydney, een kleine

5000 km. Ze reden 11 uur per dag, dus erg hard ging het niet, maar daar was het ook niet om begonnen. Als de zon 's avonds laag stond werd het dak een eindje in de richting van de ondergaande zon geklapt. 's Nachts werd noodgedwongen gestopt.

De Australiërs zijn niet de enigen die een dergelijk automobiel gebouwd hebben. Na hun succesvolle tocht daagden zij andere bouwers uit voor een lange afstandrace. De handschoen is inmiddels door een paar Amerikanen opgepakt en er komt een race tussen hun modellen van Californië naar Florida.

H.E.A. Dassen



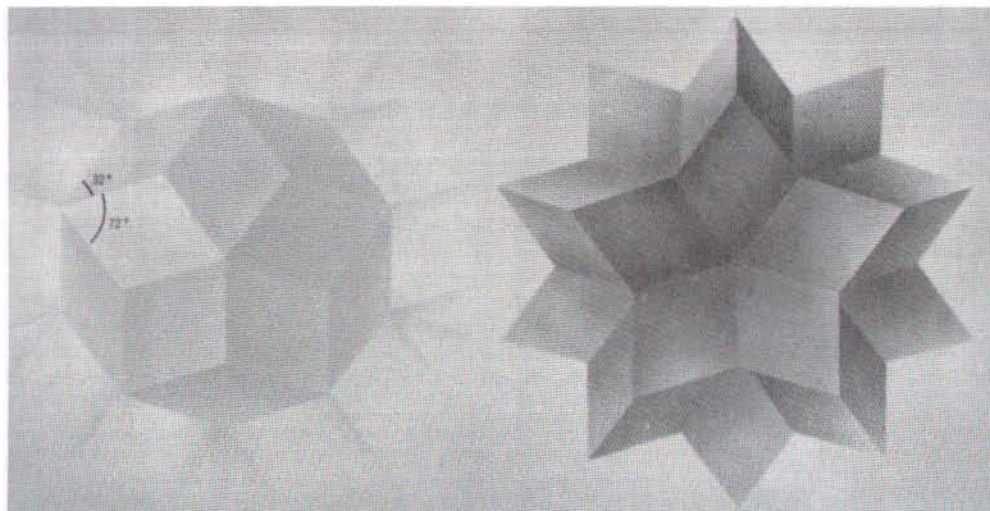
De experimentele zonneauto lijkt nog in niets op een normale auto, maar rijden doet hij wel. (Foto: David Austen / Transworld Features Holland BV).

Niet-kristallijn kristal

"Gij zult niet doden", zegt de Bijbel. In de Meetkunde bestaat een even strenge wet: "Gij zult een vak niet met regelmatige vijfhoeken bedekken". Wiskundigen weten al lang dat dit niet mogelijk is en zoeken er dan ook niet naar. Ze zijn al lang blij dat een vlak wel perfect gevuld kan worden met driehoeken, vierhoeken, en zeshoeken, zonder overlap of gaten.

Als we in drie diemensies gaan werken zien we hetzelfde. De ruimte is volledig te vullen met voorwerpen van drietallige, viertallige en zestallige symmetrie, maar vijf is ook hier een verboden cijfer. In de praktijk betekent het dat er geen kristallen bestaan met een vijftallige symmetrie. Voor alle duidelijkheid, een voorwerp bezit een as van bijv. viertallige symmetrie als het bij wenteling rond die as vier maal identiek dezelfde positie in de ruimte inneemt tijdens één volledige wenteling. Zo heeft een kubus viertallige assen door de middens van tegenoverliggende zijden (en, wat alleen maar te zien is als je het in de praktijk probeert, drietallige door tegenoverliggende hoekpunten).

Sedert 12 november 1984 is het vijf-verbod echter quasi gesneuveld. We zeggen quasi, omdat op die datum een artikel verscheen in *Physical Review Letters*, dat de ontdekking beschreef van een vijftallig quasi-kristal. Een kristal dat niet helemaal kristallijn is, omdat het alleen maar bijna-periodiek opgebouwd is. De atomen in een kristal zitten op voor-



Overtredingen van het 'vijfverbod': regelmatige dertig en zestigvlakken, opgebouwd uit twee verschillende ruiten (Foto: Sciences et Avenir).

spelbare posities. Het kristal is een rigoureuze periodieke herhaling van steeds hetzelfde kleine basismotief, net als bij behangpapier, maar dan in drie dimensies. Bij een amorf stoff is er integendeel geen ordening. De historie met het verboden pentagon begon in Washington. Niet op Het Pentagon, maar bij het National Bureau of Standards. Daar had men een nieuwe legering gemaakt, Al_6Mn , die men in amorf toestand wilde brengen (amorf metalen zijn het jongste stokpaardje van de metallurgen). Toen men de stof bestudeerde met elektronendiffractie, kreeg men een foto met vijftallige symmetrie. Dus deed men het nog eens over. Weer hetzelfde resultaat. Wat de geleerden ook deden, het metaal vertikte het zich te gedragen volgens de theorie. Heiligschennis! Men ging dan

maar terug tot Plato, de vader van de regelmatige veelvlakken. Zijn grootste veelvlak was een *icosaeder*, een regelmatig twintigvlak, met twee-, drie- en vijftallige assen. Dus ongeschikt voor een stapeling zonder gaten en nogal verwaarloosd door de wiskundigen. De geleerden slaagden erin om een bijna regelmatige stapeling van twintigvlakken te produceren, maar de voorspelde elektronendiffractie was zeer diffuus, terwijl de foto van Al_6Mn scherp afgetekende lichtpunten toonde, wat wees op veel meer regelmatigheid. Intussen dook ook een vergeten theorie uit 1925 op, die de geleerden vertelde dat om een scherp diffractiebeeld te krijgen het *voldoende* was dat een stof periodiek opgebouwd was. In de praktijk was men er steeds vanuit gegaan dat het een *verplichte* voorwaarde was, omdat men nooit iets anders dan periodieke of duidelijk niet-periodieke stoffen onder handen had. Pas bij een quasi-periodieke stof werd het verschil belangrijk. Uiteindelijk kwam de oplossing van de wiskundige Andre Katz, die zijn idee verder uitwerkte met

Michel Duneau. Hun model is axiomatisch, elegant en eenvoudig (tenminste als men wiskunde in zes dimensies eenvoudig wil noemen). Bovendien voorspelt het nog een hele reeks quasi-kristallen, met een bijna-periodieke rangschikking van de atomen, allemaal van vijftallige symmetrie. Die quasi-kristallen moeten maar aan één wiskundige voorwaarde voldoen: het zijn projectieve doorsneden van een N-dimensionale ruimte in een euclidische ruimte, geconstrueerd op de ruimte van de gehele getallen. Voor wie dat te hoog gaat is het ook te vertellen in gewone stervelingentaal. De kristallen worden niet opgebouwd door herhaling van één motief, maar van twee. Het ene is een regelmatige dertigvlak, een soort hoekige bol, opgebouwd uit twee soorten ruiten: met een tophoek van 32 en van 72 graden. De ander figuur is een regelmatig zestigvlak. Een figuur met een hele reeks deuken erin, waar de dertigvlakken netjes in passen, eveneens opgebouwd uit de twee ruiten.

(Sciences et Avenir)

Chemische archeologie

In vroeger eeuwen, toen de schepen uitsluitend van hout gemaakt waren, werden de scheepswanden ingeteerd om ze waterdicht te maken. Dit gegeven helpt archeologen thans op weg bij het vergaren van kennis omtrent de in de scheepsbouw gebruikte materialen.

Een van de meest interessante scheepswrakken die geborgen kon worden, is dat van de Mary Rose, het vlaggeschip van de legendarische Engelse koning Hendrik VIII, die regeerde van 1509 tot 1547. Het wrak daarvan kon in goede staat uit de Solent geborgen worden en bevatte een groot aantal goed bewaard gebleven restanten uit de Tudor-periode. Dat deze nog zo gaaf waren is vooral te danken geweest aan het feit dat het sediment dat het wrak in al die eeuwen bedekte, alle zuurstof tegenhield. Bovendien bleken veel voorwerpen onder de teer te zitten.

Om meer te weten te komen over de materialen die in de Mary Rose verwerkt waren, hebben de Engelse onderzoekers een aantal teermonsters aan een nadere analyse onderworpen. Met behulp van een aan een gaschromatograaf gekoppelde massaspectrometer werd de samenstelling van de monsters vergeleken met die van hedendaagse soorten. Men vond grote overeenkomsten met wat tegenwoordig 'Stockholmteer' heet, een substantie die gewonnen wordt uit de grove den en nog heden ten dage in Engeland wordt ingevoerd vanuit Rusland. Uit andere bronnen was bekend dat de handel tussen Engeland en Rusland in de vroege 16e eeuw op gang kwam en dat pek en teer tot de eerste verhandelde goederen behoorden ...

(Nature)

Koel oog ziet ijsberg als warmtebron

Mist en duisternis kunnen het ons erg moeilijk maken: er valt zoveel te zien en we zien niets. Maar, we kunnen het blote oog een handje helpen en wel met een warmtebeeld-camera.

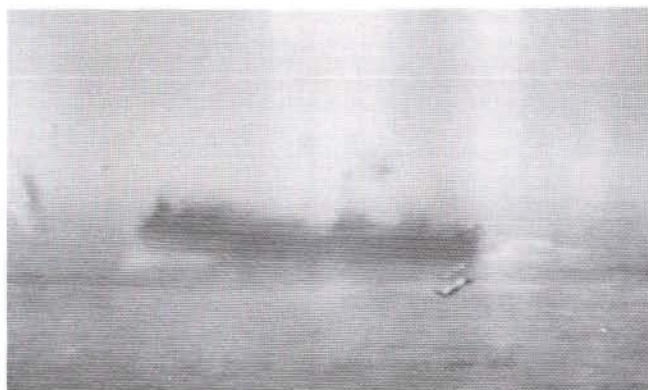
Hoewel nachtzicht-apparatuur al jaren op de markt is, zijn zelfs de vaklieden nog wel eens aange-naam verrast over wat er allemaal te zien valt: "Laatst waren we in Den Helder. 't Was nogal mistig, en op een paar honderd meter kon je nog net een schip zien; daarvan maakten we een tv-opname. Vanuit dezelfde positie maakte we ook een warmtebeeld-opname: daarop zagen we nog een tweede schip - een fregat dat op zes kilometer afstand bleek te liggen."

Dit is mogelijk doordat er zoveel warmte uitgaat van een schip. En niet alleen van zo'n schip; in feite straalt elk object warmte uit, ook een ijsberg. Het menselijk oog neemt die warmtestraling niet waar, een warmtebeeld-camera doet dat wel. En doordat die camera een extreem koel oog heeft (-193°C), is elk object waarneembaar geworden als warmtebron; ook die ijsberg.

Gezien de mogelijkheid van 'zien

zonder gezien te worden', geniet de warmtebeeld-camera uiteraard alle belangstelling van militairen. Echter, het potentiële toepassingsgebied is veel ruimer. Bij het manoeuvreren in havens en op vliegvelden kan de warmtebeeld-camera bij slecht zicht goede diensten bewijzen, evenals bij reddingsoperaties. Onderhoudsinspecties van installaties en leidingen (ook ondergronds) zijn andere voorbeelden, evenals de beveiliging van complexen. Een toepassingsgebied in de industrie is het opsporen van slechte contacten in elektronische onderdelen.

De productie van deze apparatuur vergt specialistische fabricagetechnieken. Zo is de koeling van deze detector gebaseerd op het Stirling-principe, dat ook wordt toegepast bij koudgaskoelmachines. Met de noodzakelijke hoogvacuüm-technieken is men vertrouwd, gezien produkties als die van elektronenmicroscopen. Last but not least is hier van belang de kennis van tv-technieken, zoals voor contour- en contrastverbetering en de koppeling van warmtebeeld-camera aan video-recorders en de overdracht van



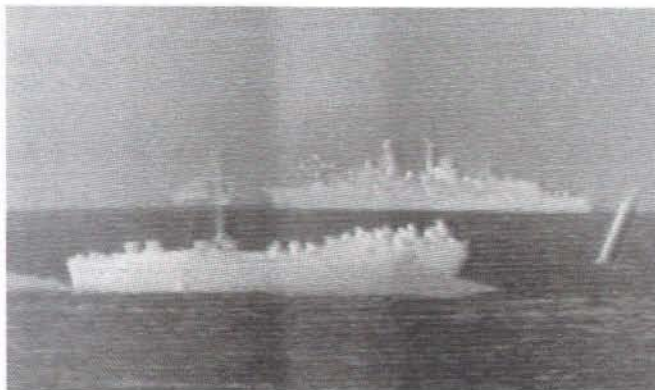
ACTUEEL

die beelden via gewone tv-zenders. Al met al wordt de warmtebeeld-camera dus gedragen door vele uiteenlopende, geavanceerde technologieën en stimuleert op zijn beurt nieuwe ontwikkelingen. Desondanks durft deze of gene het misschien aan toch zijn eigen warmtebeeld-camera maken.

Voor hem is het nuttig te weten dat de lenzen van metaal worden gemaakt (germanium) omdat glas de gebruikte golflengte niet doorlaat. Bij het maken van de koeler waar de detector aan gekoppeld is, dient men er op te letten dat deze absoluut luchtdicht is. Daarvoor moet u kunnen laser-lassen en explosielassen. Dat 'absoluut luchtdicht' is een vereiste, want anders haalt men niet de noodzakelijke barre temperatuur van 193 graden Celsius onder nul (en die koude isolatie is weer nodig om te voorkomen dat de directe omgeving de beeldvorming zou beïnvloeden).

(Persbericht Philips)

Een mistige dag in Den Helder. Linksonder een video-opname, onder het beeld gezien met de nieuwe nachtkijker. (Foto: Philips).



Tellen op zijn Chinees

In het zuidoosten van China is een graf van eind tweede, begin derde eeuw voor Christus met wiskundige teksten aangetroffen. De teksten werden op bamboeplaatjes geschreven. Naast de wiskunde, kwam ook de geneeskunde en de kalender aan bod. De originele eigenaar was waarschijnlijk een hoge ambtenaar. Het ex-oudste bekende wiskundige werk uit China, *'De kunst van het rekenen in negen hoofdstukken'*, dateert uit de dertiende eeuw van onze tijdrekening. Het is gekopieerd van oudere, maar nooit gevonden teksten. Wat nu gevonden werd is nog ouder, maar bevat een aantal technieken, die ook in *'De kunst van het rekenen'* voorkomen.

Liu Hui, een auteur uit de derde eeuw, schreef dat *'De kunst van het rekenen'* stamde uit het begin van de Han-dynastie. Dat werd door historici niet geloofd, omdat het werk een belastingberekening bevat, die volgens hen berust op een wet die pas veel later ingevoerd werd. De nu gevonden teksten blijken die berekening echter ook al te bevatten.

(Sciences et Avenir)

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:

Postbus 415, 6200 AK Maastricht.

Telefoon: 043-54044*.

Voor België:

Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.

Telefoon: 00-314354044.

Bezoekadres:

Stokstraat 24, Maastricht.

Advertentie-exploitatie:

D. Weijer. Tel. 05987-23065.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers van de Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij.

Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 30,- of 450 F.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:

f 95,- of 1825 F.

Prijs voor studenten: f 72,50 of 1395 F.

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 8,45 of 160 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v.

Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31

t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.



Het groene schijnsel der ondergaande zon

Ik zie geen kans, de verklaring van den Heer R. Weski te Pakkies (in N. en T. van Maart) te accepteren als algemeene opheldering. Indien werkelijk de na-reflex in het spel zou zijn, dan zou men niet één groene punt aan den horizon zien, maar een grooter aantal. Immers, bij de beschouwing van de zon blijft het oog niet star op hetzelfde punt gericht; het beweegt zich onwillekeurig nu en dan iets en dan komen er lichtindrukken op verschillende punten van het netvlies en onvermijdelijk ook strepen. Bovendien zou men die groene plekken niet alleen zien precies op het punt waar de zon ondergaat is maar *overal*, waar het oog zich momenteel op richt en vooral ook als men het oog sluit.



Zandstormen in Amerika

*„Een zandwoestenij waar eens de aren wuifden.
50.000 stuks vee uit Colorado weggevoerd.”*

Onder deze opschriften kon men tusschen allerlei belangrijke buitenlandse berichten bijna dagelijks kleine stukjes vinden, over de groote ramp, die het midden der Vereenigde Staten trof. Schijnbaar van slechts weinig beteekenis, vertellen zij van een titanenstrijd, door den mensch tegen de natuur gevoerd.

Aan het einde der 19e eeuw toen van de Mississippi tot de Rocky Mountains de onafzienbare prairiën zich uitstrekten, toen geweldige kudden Bisons er den winter doorbrachten werd dit gebied geheel bedekt door het manshooie prairiegras, dat in de regenperiode snel opschoot, om daarna weer even spoedig te verdrogen.

Toen echter het gebied ten oosten van de Mississippi geheel in cultuur was genomen, drongen de kolonisten ook in deze streken door. Eerst waren het de Cow boys, doch nadat in 1902 de Reclamation Act tot stand was gekomen, werd ook de landbouw ter hand genomen.

De mensch drong steeds verder dit droge gebied binnen, ploegde de prairie om tot akkers en

ging voort steeds grootere gebieden met tarwe en katoen te beplanten. Zoo werden heele streken van hun natuurlijk plantende beroofd en de bodem aan de directe bestraling der felle zon blootgesteld. Als men nu weet dat op de plaats waar de beroemde Boulder stuwdam in Colorado wordt gebouwd, in den zomer een temperatuur van 49°C in de schaduw is waargenomen; dat behoeft het geen verwondering te wekken, dat na de oogst al die gronden binnen zeer korten tijd zijn uitgedroogd tot woestijnen.



Bloed, dat niet vergeefs gestort wordt

Er zijn verschillende stoffen, die uit bloed of bloedbestanddelen gemaakt worden. Weet gij dat een groot deel van de knopen aan uw jas, het handvat van uw parapluie of wandelstok, het heft van uw mes, de kam waarmede gij 's morgens uw haren kamt, voor zoover de zorgen ze niet hebben doen uitvallen, gemaakt worden van bloed en dat veel isolatie-materiaal oorspronkelijk bloed was? Het is gedroogd bloed of bloedserum dat men daarvoor gebruikt en maakt tot een gemakkelijk verwerkbaar en buitengewoon goed te polijsten massa.

Weet gij dat bij het drukken en verven van katoen, bij het beitsen van katoenen stoffen, bij het verven van tapijten en in de fotografie stoffen gebruikt worden, uit bloed bereid?

Is het u bekend dat de beste kleefstoffen uit bloed vervaardigd worden? Bij den bouw van vliegtuigen, in den scheepsbouw, bij het maken van carosserieën, overal waar men lijm moet gebruiken van groote kleefkracht en bestand tegen water, gebruikt men lijm uit bloed vervaardigd. Het ontkleuren van dranken, het opslorpen van gassen, het geschiedt door kool uit bloed bereid. Zoo heeft de techniek talrijke toepassingsmogelijkheden voor bloed gevonden. Alleen reeds om deze reden kan men tegenwoordig maar niet beweren dat bloed niets waard is en nergens voor te gebruiken is.



RO de rijksoverheid vraagt

De rijksoverheid wil meer vrouwen in dienst nemen.
Daarom worden vooral ook zij uitgenodigd te solliciteren.

analist (v/m)
deeltijdsarbeid, 32 uur per week
vac.nr. 5-0336/1237

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
Nederlands Instituut voor Hersenonderzoek, Werkgroep ontwikkeling en
aanpassingsvermogen van de hersenschors

Functie-informatie: verrichten van lichtmicroscopische en elektronen microscopische werkzaamheden (waaronder inbedden van weefsels, uitvoeren van kleuringen, het plaatsen van stereotactische injecties van tracers en het perfuseren van proefdieren) binnen het centrale thema "Rijping en Aanpassing van het Zenuwstelsel". Ook zal assistentie worden verleend bij autoradiografie en het via de computer verwerken van gegevens.

Vereist: diploma HBO A (histologie) of een hiermee vergelijkbare opleiding. Kennis van immunocytochemische kleuringen en autoradiografie (LM en EM) strekt tot aanbeveling.

Standplaats: Amsterdam (Zuidoost).

Salaris: min. f 1581,- en max. f 2379,- per maand.

Tel. inlichtingen worden verstrekt door dr. R.W.H. Verwer, onder nr. (020) 5 66 55 00.

Bovengenoemd (bruto) salaris is in het algemeen afhankelijk van leeftijd, opleiding en ervaring en is exclusief 7,5% vakantie-uitkering.

Schriftelijke sollicitaties onder vermelding van het vacaturenummer (in linker-bovenhoek van brief en enveloppe) en uw huisadres met postcode, inzenden voor 8 juni 1985 en richten aan de Rijks Psychologische Dienst, Postbus 20013, 2500 EA 's-Gravenhage.

Een mededeling van ontvangst van uw sollicitatiebrief wordt u door de Akademie toegezonden.

De Subfaculteit Scheikunde van de Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen verzorgt een

universitaire avond- en weekendopleiding scheikunde

De opleiding is bedoeld voor degenen die in het bezit zijn van een diploma VWO of HBO, de akte MO-A natuurkunde en scheikunde, het kandidaats-examen scheikunde of de akte MO-B scheikunde en leidt op tot één der navolgende examens:

- **propedeutisch examen scheikunde**
- **doctoraalexamen scheikunde**
- **akte MO-B scheikunde tot 1 sept. 1989**

Het programma zal ten dele worden gegeven in samenwerking met de Stichting Nutsseminarium aan de Universiteit van Amsterdam, die de opleiding voor de akte MO-A natuurkunde en MO-A scheikunde verzorgt. De colleges en de practica worden gegeven in de avonduren en op zaterdag. Belangstellenden worden verzocht naam, adres en postcode in ongefrankeerde enveloppe te sturen aan:

Bureau Subfaculteit Scheikunde
Antwoordnummer 3521-22
1000 RA Amsterdam
waarna toezending van informatie volgt.

Universiteit van Amsterdam

